



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Odontología

Escuela Profesional de Odontología

**Evaluación tomográfica de la densidad ósea y espesor
de la cortical de rebordes edéntulos de la región
postero-inferior, según género**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

AUTOR

Johner Saul TORREJON MOSQUERA

ASESOR

Andrew ALEJANDRO ESTRADA

Lima, Perú

2017



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

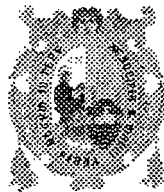
Referencia bibliográfica

Torrejon J. Evaluación tomográfica de la densidad ósea y espesor de la cortical de rebordes edéntulos de la región postero-inferior, según género [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Odontología, Escuela Profesional de Odontología; 2017.

612

16(2)

113


UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FACULTAD DE ODONTOLOGIA
VICE DECANATO ACADÉMICO
UNIDAD DE ASESORÍA Y ORIENTACIÓN DEL ESTUDIANTE


ACTA

Los Docentes que suscriben, reunidos el veinticinco de mayo del 2017, por encargo de la Sra. Decana de la Facultad, con el objeto de constituir el Jurado de Sustentación para obtener el Título Profesional de Cirujano Dentista del Bachiller:

TORREJON MOSQUERA, Johner Saul

CERTIFICAN :

Que, luego de la Sustentación de la Tesis **EVALUACIÓN TOMOGRÁFICA DE LA DENSIDAD ÓSEA Y ESPESOR DE LA CORTICAL DE REBORDES EDÉNTULOS DE LA REGIÓN POSTERO - INFERIOR, SEGÚN GÉNERO** y habiendo absuelto las preguntas formuladas, demuestra un grado de aprovechamiento: sobresaliente, siendo calificado con un promedio de: dieciocho 18

(en letras)

(en números)

En tal virtud, firmamos en la Ciudad Universitaria, a los veinticinco días del mes de mayo del dos mil diecisiete.

PRESIDENTE DEL JURADO

Mg. C.D. Sixto Angel García Linares

MIEMBRO

Mg. C.D. María del Pilar Gamarra Contreras

MIEMBRO (ASESOR)

Mg. C.D. Andrew Alejandro Estrada

Escala de calificación: Grado de Aprovechamiento:
Sobresaliente (18-20), Bueno (15-17), Regular (12-14), Desaprobado (11 ó menos)
Criterios : Originalidad, Exposición, Dominio del Tema, Respuestas.

APROBACIÓN Y JURADOS

PRESIDENTE : Mg. SIXTO ÁNGEL GARCÍA LINARES

MIEMBRO : Mg. MARÍA DEL PILAR GAMARRA CONTRERAS

ASESOR : Mg. ANDREW ALEJANDRO ESTRADA

DEDICATORIA

*A Dios quien es mi guía y fortaleza, quien me
dio la sabiduría para cosechar éxitos.*

*A la arquitecta de mi vida; a la
admirable, amable, dadivosa, luchadora y tierna,
quien día a día se preocupa por mí, a quien suelo llamarla MAMÁ.*

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Andrew Alejandro Estrada; por ser parte de mi formación profesional, quien de alguna manera me encaminó en el mundo de la Periodoncia; por guiarme con sus conocimientos y brindarme parte de su valioso tiempo para el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Sixto García Linares; por brindarme su apoyo, consejos y aporte para la elaboración de esta investigación.

A la Dra. María del Pilar Gamarra, quien de la misma forma me brindó su apoyo, recomendaciones y tiempo para el desarrollo de esta investigación.

A los Dres. Iván Calderón, Rafael Espinoza, Julio Reyna y Wolmar Infantes, por apoyarme con las muestras usadas para la ejecución de esta investigación.

A la personita que está casi todos los días a mi lado, quien me apoyó e influyó a que termine lo que comencé, a ti Shirley Fabián.

A mis tíos Paúl, Beto por influir a que culmine pronto la tesis.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito evaluar tomográficamente la densidad ósea y espesor de la cortical de rebordes edéntulos de la región postero-inferior, según género.

Para ello se realizó un estudio observacional, descriptivo, transversal y retrospectivo, donde se evaluó un total de 62 estudios tomográficos de pacientes que acudieron a la clínica de la FO de la UNMSM, comprendidos entre los 40 y 65 años de edad, 28 del género masculino y 34 del femenino. Se midió la densidad ósea y el espesor de la cortical en las tomografías, mediante el programa Real Scan 2.0, en un corte transaxial.

Los resultados obtenidos muestran que 51 pacientes (82.3%) presentan una densidad ósea en el rango de 351-850 HU. En cuanto al espesor de la cortical ósea; el 61,3% de pacientes presentan espesor entre 1.1-2.0 mm. Por otra parte, tanto el género masculino (38,7%) y el género femenino (43,5%) presentan densidad ósea en el rango de 351-850 HU; así mismo, el género masculino (29.0%) y el género femenino (32,3%) presentan espesor de la cortical en el rango de 1.1-2.0 mm.

Se concluye que la densidad ósea media encontrada en áreas edéntulas postero-inferiores, fue de 570.68 ± 173.82 HU, que correspondería a un hueso tipo D3, según la clasificación de Misch. Y el espesor de la cortical ósea media fue de 2.02 ± 0.64 mm. No se encontró relación entre la densidad ósea y género así como también entre el espesor de la cortical y género, pero sí entre la densidad ósea y el espesor de la cortical.

Palabras clave: Mandíbula desdentada, Densidad ósea, Cortical ósea, Tomografía Computarizada de Haz Cónico

ABSTRACT

The purpose of the present research was to evaluate tomographically the bone density and thickness of the cortical of edentulous ridges of the postero-inferior region, according to gender.

An observational, descriptive, cross-sectional and retrospective study was carried out to evaluate a total of 62 tomographic studies of patients attending the clinic of the FO of the UNMSM, between 40 and 65 years of age, 28 of the genus Male and 34 female. Bone density and cortical thickness were measured on the CT scans using the Real Scan 2.0 program in a transaxial cut.

The results obtained show that 51 patients (82.3%) have a bone density in the range of 351-850 HU. As to the thickness of the cortical bone; 61.3% of patients had a thickness of 1.1-2.0 mm. On the other hand, both male gender (38.7%) and female gender (43.5%) had bone density in the range of 351-850 HU; likewise, male gender (29.0%) and female gender (32.3%) presented cortical thickness in the range of 1.1-2.0 mm.

It is concluded that the mean bone density found in the postero-inferior edentulous areas was 570.68 +/- 173.82 HU, corresponding to a D3 bone, according to the Misch classification. And the thickness of the mean cortical bone was 2.02 +/- 0.64 mm. No relationship was found between bone density and gender as well as between cortical thickness and gender, but between bone density and cortical thickness.

Key words: Edentulous Jaw, Bone density, Compact Bone, Cone-Beam Computed Tomography

ÍNDICE DE CONTENIDOS

LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE GRÁFICOS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTA DE ANEXOS	xvi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
2.1 Área del problema.....	2
2.2 Delimitación del problema.....	3
2.3 Formulación del problema	3
2.4 Objetivos.....	4
2.4.1 Objetivo general.....	4
2.4.2 Objetivos específicos	4
2.5 Justificación.....	5
2.6 Limitaciones.....	5
3. MARCO TEORICO	5
3.1 Antecedentes	5
3.2 Bases teóricas	25
3.2.1 TEJIDO ÓSEO.....	25

3.2.1.1	Embriología del tejido óseo	25
3.2.1.2	Histología del tejido óseo	27
3.2.1.3	Tipos de tejido óseo	29
3.2.2	ANATOMÍA MANDIBULAR Y EVALUACIÓN TOMOGRÁFICA	32
3.2.2.1	Anatomía mandibular	32
3.2.2.2	Arquitectura macroscópica mandibular	32
3.2.2.3	Edentulismo mandibular	33
3.2.3	EVALUACIÓN TOMOGRÁFICA ÓSEA	37
3.2.3.1	Cortical y medular ósea mandibular	37
3.2.3.2	Espesor de la cortical ósea mandibular	38
3.2.4	DENSIDAD ÓSEA	38
3.2.4.1	Densidad ósea sistémica	38
3.2.4.2	Densidad ósea en los maxilares	39
3.2.4.3	Medición de la densidad ósea	41
I.	Medición subjetiva	41
II.	Medición objetiva	45
a.	Exámenes de medición de la densidad ósea	46
i.	Radiografías analógicas y digitales	46
ii.	Absorciometría de energía dual de rayos X (DXA)	48
iii.	Tomografía computarizada	49

1. Tipos.....	50
2. Escala de unidades Hounsfield	54
3. Unidades Hounsfield en Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT).	57
4. Clasificación Tomográfica de la densidad ósea según Misch.....	60
iv. Resonancia magnética	61
v. Ultrasonografía cuantitativa	63
3.2.4.4 Densidad ósea y Osteointegración	64
3.3 Definición de términos	66
3.4 Hipótesis	67
3.5 Operacionalización de variables	67
4. METODOLOGÍA	69
4.1 Tipo de investigación	69
4.2 Población y muestra.....	69
4.2.1 Población	69
4.2.2 Método muestral	70
4.2.3 Tamaño muestral	70
4.2.4 Selección de la muestra	70
4.2.4.1 Criterios de inclusión.....	70
4.2.4.2 Criterios de exclusión	71
4.3 Recolección de datos	71

4.4	Procesamiento de datos	79
4.5	Análisis de resultados.....	79
5.	RESULTADOS	80
6.	DISCUSIÓN.....	91
8.	RECOMENDACIONES	98
9.	BIBLIOGRAFÍA	99
10.	ANEXOS.....	107

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 1: Operacionalización de variables	68

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1: Distribución de los pacientes que conformaron la muestra para cada género	79
Tabla N° 2: Distribución de los pacientes que conformaron la muestra por grupo etáreo	80
Tabla N° 3: Distribución de los pacientes que conformaron la muestra por densidad ósea	81
Tabla N° 4: Distribución de los pacientes que conformaron la muestra por espesor de la cortical	82
Tabla N° 5: Distribución de la densidad ósea según género	83
Tabla N° 6: Distribución del espesor de la cortical según género	85
Tabla N° 7: Análisis descriptivo de las variables densidad ósea y espesor de la cortical	86
Tabla N° 8: Prueba de normalidad de las variables densidad ósea y espesor de la cortical	87
Tabla N° 9: Coeficiente de correlación de Rho de Sperman de las variables densidad ósea y el género de pacientes que acuden a la clínica de la Facultad de Odontología	87
Tabla N°10: Coeficiente de correlación de Rho de Sperman de las variables espesor de la cortical y el género de pacientes que acuden a la clínica de la Facultad de Odontología	88
Tabla N°11: Coeficiente de correlación de Rho de Spearman de las variables densidad ósea y espesor de la cortical de pacientes que acuden a la clínica de la Facultad de Odontología de la UNMSM	89

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico N° 1: Distribución de los pacientes que conformaron la muestra para cada género	79
Grafico N° 2: Distribución de los pacientes que conformaron la muestra por grupo etáreo	80
Grafico N° 3: Distribución de los pacientes que conformaron la muestra por densidad ósea	81
Gráfico N° 4: Distribución de los pacientes que conformaron la muestra por espesor de la cortical	82
Gráfico N° 5: Distribución de la densidad ósea según género	84
Grafico N° 6: Distribución del espesor de la cortical según género	85

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Vista lateral de la región de la cabeza y cuello en un embrión de 4 semanas.	26
Figura 2: Estructuras esqueléticas de la cabeza y la cara.	26
Figura 3: Histología ósea. Osteoblasto.	27
Figura 4: Histología ósea. Osteoclasto.	28
Figura 5: Microscopía ósea.	30
Figura 6: Sistema de Havers, conducto de Havers, Osteoclasto, Canaliculos óseos, línea de contraste, laminillas estriada.	31
Figura 7: Clasificación de Misch de la densidad ósea	43
Figura 8 Tipo de hueso, según la clasificación de la densidad y en función a la ubicación anatómica.	44
Figura 9: Esquema que muestra la adquisición de la imagen TAC y el CBCT	52
Figura 10 Esquema que muestra los diferentes tamaños de FOV	53
Figura 11 Escala de grises	55
Figura 12 Escala de Hounsfield	56
Figura 13 Determinación de la densidad ósea mediante la tomografía computarizada.	61
Figura 14 Representación del principio de funcionamiento de la formación de imagen por un resonador magnético.	62
Figura 15 Representación de un corte coronal tomográfico, ubicación de la zona posterior, que comprende la primera molar inferior derecha	73
Figura 16 Representación de un corte transaxial tomográfico	73

Figura 17	Representación de un corte transaxial tomográfico y trazado de una línea vertical (X) desde el punto más superior del reborde hasta el borde superior del agujero dentario inferior	74
Figura 18	Representación de un corte transaxial tomográfico y del área de dimensión de 2 x 10 mm, desde la parte más superior del reborde hacia apical de la misma y Representación del área demarcada mediante la opción “implant insert” del Software Real Scan 2.0 en el corte transaxial tomográfico	75
Figura 19	Representación de la opción “Show Bone Density” del Software Real Scan 2.0	76
Figura 20	Representación de la cuantificación de la densidad ósea mediante el software Real Scan 2.0	76
Figura 21	Representación de la medición del espesor de la cortical ósea	77

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Ficha de recolección de datos	106
Evidencias fotográficas	107
Constancia de Calibración	113

1. INTRODUCCIÓN

Se sabe que existe una alta prevalencia de pacientes edéntulos, los cuales demandan ser rehabilitados protésicamente para así devolver la funcionalidad y estética dental, en este proceso de rehabilitación en la actualidad está en auge las prótesis implantosoportadas, que concierne en la colocación de implantes dentales.

Por otra parte; un paciente según su edad cronológica, género, la condición dentada o desdentada, entre otros factores, presenta variabilidades y/o cambios morfo-histológicos a nivel de la estructura ósea, específicamente a nivel del reborde alveolar. Ahora bien, las evidencias científicas señalan que la densidad ósea es uno de los factores más resaltantes e importantes para la osteointegración y éxito de los implantes dentales, por tal motivo es necesaria una evaluación previa y de forma más exacta de la densidad. En tanto se han propuesto muchos métodos para la valoración de la densidad ósea; la evaluación en el momento quirúrgico, a través de la osteotomía y la medición de la densidad ósea de forma objetiva y cuantitativa, a través de la radiología, la tomografía computarizada, etc.

Por ende en este trabajo de investigación se tuvo como propósito determinar tomográficamente la densidad ósea y espesor de la cortical de rebordes edéntulos de la región postero-inferior, según género, de los pacientes que acudieron a la clínica de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) y a la vez buscar la relación que existe entre la densidad ósea y género; así como también entre el espesor de la cortical ósea y género.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 Área del problema

Diversos estudios señalan que las propiedades mecánicas del hueso son un factor importante para la osteointegración del implante, sabiendo ello se han propuesto varios sistemas y procedimientos de clasificación para determinar la calidad del hueso y la predicción de la densidad ósea, entre ellos están las clasificaciones convencionales descritas por Lekholm y Zarb y Misch ^(1,2).

Ahora bien, la densidad ósea es uno de los factores más resaltante e importante para la osteointegración y éxito de los implantes dentales ⁽³⁾, por ello es necesaria una evaluación previa y de la forma más exacta de la misma, ya que la densidad ósea influye en la estabilidad primaria, el protocolo quirúrgico y el tiempo de cicatrización antes de recibir la carga protésica, y a ello se agrega la importancia que recae conocer la dimensión y/o espesor de la cortical ósea para determinar el protocolo quirúrgico a seguir para la colocación del implante.

Se han propuesto muchos métodos para la valoración de la densidad ósea, entre ellos incluían una evaluación en el momento quirúrgico, a través de la osteotomía, pero se obtenía una valoración subjetiva y cualitativa, por otro lado se plantearon la medición de la densidad ósea de una manera exacta, objetiva y cuantitativa, que se lograba a través de la radiología convencional y la tomografía.

La tomografía brinda imágenes detalladas de las estructuras anatómicas en distintos planos: sagital, axial y coronal obteniendo así una imagen en tres dimensiones ⁽⁴⁾; por ende

nos da información valiosa en el diagnóstico y planeación para la colocación de implantes dentales. La tomografía al darnos imágenes en tres dimensiones provee la capacidad de cuantificar objetivamente la densidad ósea.

2.2 Delimitación del problema

Se sabe que la estabilidad primaria es determinada en gran parte por la calidad y cantidad de hueso, así como también por la geometría de un implante y la técnica y/o protocolo quirúrgico para la colocación de la misma. Ahora bien, conocer objetiva y cuantitativamente el grado de densidad ósea de zonas edéntulas es un factor importante para predecir el éxito de la osteointegración del implante dental.

Por otro lado, la edad cronológica y el género son influyentes en la determinación de la densidad ósea, ya que se sabe teóricamente que a medida q las personas adquieren mayor edad el contenido mineral óseo se va haber modificado, por los cambios metabólicos, hormonales tanto fisiológicos y patológicos que van adquiriendo

2.3 Formulación del problema

¿Qué densidad ósea y qué espesor de la cortical se encuentra en las zona edéntula postero – inferior, según genero de pacientes que acuden a la clínica de odontología de la UNMSM, evaluado tomográficamente?

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Determinar tomográficamente la densidad ósea y espesor de la cortical de rebordes edéntulos de la región postero-inferior, según género, de pacientes que acuden a la clínica de la Facultad de Odontología de la UNMSM.

2.4.2 Objetivos específicos

- Identificar tomográficamente la densidad ósea, de rebordes edéntulos de la región postero-inferior, en la orientación transaxial.
- Identificar tomográficamente el espesor de la cortical ósea de rebordes edéntulos de la región postero-inferior, en la orientación transaxial.
- Identificar tomográficamente la densidad ósea de rebordes edéntulos según género, en la orientación transaxial.
- Identificar tomográficamente el espesor de la cortical ósea de rebordes edéntulos según género.
- Identificar la relación que existe entre la densidad ósea y género
- Identificar la relación que existe entre el espesor de la cortical y género.

2.5 Justificación

Visto la importancia de la densidad ósea como factor de éxito implantológico, partiendo desde la estabilidad primaria para llegar a la osteointegración, y saber el grado de densidad ósea y espesor de la cortical ósea en rebordes edéntulos de pacientes candidatos a implantes dentales y si éstos se ven modificados por la edad y género, justifica el estudio tomográfico de la densidad ósea lo cual sería útil tanto en la planificación preimplantológica como en la fase postquirúrgica.

2.6 Limitaciones

En la investigación realizada se encontró ciertas limitaciones en la etapa de recolección de muestra, debido a que no todas la tomografías recolectadas eran factible leerlas en el software Real Scan 2.0, así como también fue difícil saber el tiempo exacto de condición edéntula de un paciente, por ende fue difícil controlar esta variable.

3. MARCO TEORICO

3.1 Antecedentes

MIYAMOTO y cols. (2005)

Realizaron un estudio clínico para evaluar cuantitativamente la estructura ósea por Tomografía Computarizada Espiral Multicorte y la estabilidad del implante dental por análisis de frecuencia de resonancia en el momento de la cirugía para explorar la relación entre la estructura ósea local y la estabilidad del implante dental. Para ello exploraron 50 tomografías computarizadas de sujetos desdentados, antes de la cirugía

midieron digitalmente el espesor del hueso cortical en los sitios de inserción del implante. Luego de la inserción del implante realizaron medidas de estabilidad, de un total de 225 implantes, mediante un analizador de frecuencia de resonancia. Finalmente como resultados muestran que hay fuerte correlación lineal entre el grosor de hueso cortical y la frecuencia de resonancia ($r = 0,84$, $P < 0,0001$), mientras que la longitud del implante tenía una débil correlación negativa con la estabilidad ($r = -0.25$, $p < 0,0005$). Por lo que sugieren que la estabilidad primaria, en el momento de la instalación del implante, está más influenciado por el espesor del hueso cortical que por la longitud del implante y concluyen que la relación del hueso cortical y del hueso esponjoso es muy importante para la estabilidad del implante en el momento de la cirugía y la determinación de la condición del hueso es crítico para el éxito del tratamiento ⁽⁵⁾.

ARANYARACHKUL y cols. (2005)

En este estudio tuvieron como objetivo evaluar la densidad ósea, en zonas designadas para implantes, mediante Tomografía Computarizada Cone Beam, y a la vez estas medidas la compararon con la tomografía axial computarizada cuantitativa tradicional y la evaluación subjetiva de la densidad ósea. Para ello utilizaron 63 zonas potenciales para la colocación de implantes en mandíbulas de 9 cadáveres humanos. Colocaron varillas indicadoras de 2 mm de diámetro en todos los sitios; y seleccionaron imágenes radiográficas que representaban cortes bucolinguales de 1 mm inmediatamente mesial y distal a las varillas. La densidad ósea lo evaluó utilizando la tomografía computarizada cone beam, en unidades de Hounsfield (CBCT) y la tomografía computarizada cuantitativa (QCT). La densidad ósea también fue evaluada subjetivamente por dos examinadores usando la clasificación de Lekholm y Zarb. Sus

resultados mostraron que los valores de densidad ósea obtenidos por CBCT eran más altos que las mediciones realizadas por QCT; pese a ello las correlaciones entre los valores de QCT y QCBCT, fueron muy altas. Por otra parte las calificaciones de Lekholm y Zarb para los dos examinadores mostraron coeficientes de correlación entre 0,46 y 0,60 para las relaciones con los valores de QCBCT. Partiendo de sus resultados concluyen que la CBCT podría considerarse una herramienta de diagnóstico alternativa para la evaluación de la densidad ósea preoperatoria, especialmente porque la dosis de radiación usada es mínima ⁽⁶⁾.

SHAPURIAN y cols. (2006)

En un estudio retrospectivo tuvieron como objetivos evaluar la calidad del hueso en diferentes zonas edéntulas de la mandíbula y correlacionar con los datos demográficos, así como también establecer una evaluación cuantitativa y objetiva de la calidad ósea en base a la escala de Hounsfield. Para ello utilizaron 101 tomografías computarizadas seleccionadas al azar, seleccionaron segmentos desdentados que van desde 10 a 30 mm, y finalmente analizaron y correlacionaron con los datos demográficos. Las zonas edéntulas receptoras de implantes se evaluaron visualmente para la clasificación de hueso luego las mismas zonas se evaluaron digitalmente utilizando la escala de Hounsfield, y los resultados se correlacionaron con la clasificación visual. Como resultados tuvieron que los 4 cuadrantes de la boca, medidos y valorados en unidades Hounsfield (HU), van desde -240 a 1159 HU. Además encontraron que el valor más alto de densidad media fue 559 +/- 208 HU en la mandíbula anterior, seguido de 517 +/- 177 HU para el maxilar anterior, 333 +/- 199 HU para la parte posterior del maxilar, y 321 +/- 132 HU para la parte posterior de la mandíbula. No encontraron asociación entre el valor Hounsfield y la edad o el sexo.

Concluyeron que el conocimiento del valor Hounsfield como una medición cuantitativa de la densidad ósea puede ser útil como herramienta de diagnóstico, lo que favorece al implantólogo para la modificación de sus técnicas quirúrgicas o prever el tiempo de curación, especialmente en situaciones en que se sospeche mala calidad ósea ⁽⁷⁾.

DEVLIN Y HORNER (2007)

Realizaron un estudio donde evaluaron la influencia de la edad y la carencia de dientes en la densidad ósea mandibular en mujeres. Trabajaron con 72 pacientes mujeres de entre 43 a 79 años de edad con un promedio de edad de 62.5 años, 42 desdentados y 30 dentados, todos ellos fueron sometidos a Absorciometría de Energía Dual y Rayos X (DEXA) para determinar la densidad ósea del cuerpo de la mandíbula, analizaron de forma independiente regiones de interés. En este estudio llegaron a concluir que el estado desdentado o dentado no guarda significancia estadística en relación a la densidad ósea mandibular, pero la edad sí es un factor de predicción de la densidad ósea de la mandíbula ⁽⁸⁾.

LEE y cols. (2007)

Tuvieron como objetivo comparar la calidad del hueso medida de forma subjetiva durante la osteotomía, el torque de inserción del implante esto es la resistencia de inserción entre las obtenidas mediante mediciones objetivas a través de uso de tomografías, Tomografía Computarizada Convencional y Tomografía Computarizada Cone Beam (TC y CBCT). En este estudio el operador de forma subjetiva clasificó la densidad ósea durante el procedimiento de osteotomía y a la par registro la resistencia durante la inserción de los implantes. La resistencia a la perforación se correlacionó

moderadamente con la evaluación radiográfica de la densidad, la resistencia a la perforación en comparación con la densidad ósea medida en unidades Hounsfield (HU) obtenida mediante TC y CBCT mostró coeficientes de correlación de 0,61 y 0,59, respectivamente ($p < 0,001$). Finalmente llegaron a concluir que la resistencia a la inserción se correlacionó moderadamente con las mediciones objetivas de la densidad ósea obtenidas mediante la TC y CBCT ⁽⁹⁾.

TURKYILMAZ y cols. (2008)

Realizaron un estudio clínico en la cual tuvieron como propósito determinar las variaciones de la densidad ósea de zonas receptoras de implantes dentales, haciendo uso de la Tomografía Computarizada Espiral Multicorte (MSCT). Dicho estudio lo realizaron en 140 pacientes con 372 zonas receptoras de implantes dentales, a estas zonas midieron la densidad ósea en unidades Hounsfield (HU). Como resultados que tuvieron son que los valores de unidades Hounsfield variaron de 68 a 1 603 HU. Por otra parte encontraron que los valores medios de densidad ósea fueron 927 +/- 237 en la región anterior de la mandíbula; 721 +/- 291 en la región posterior de la mandíbula; 708 +/- 277 en la región anterior del maxilar y 505 +/- 274 en la región posterior del maxilar. Finalmente llegaron a concluir que la tomografía computarizada preoperatoria puede ser un método útil para la determinación de la densidad ósea de zonas receptoras antes de la colocación del implante dental, y la información acerca de la calidad del hueso ayuda a realizar una mejor planificación de tratamiento con respecto a la posición del implante ⁽¹⁰⁾.

DE OLIVEIRA y cols. (2008)

Tuvieron como objetivo evaluar las mediciones de densidad ósea trabecular, de sitios implantarios, realizados mediante Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) y correlacionar densidades óseas en unidades Hounsfield (HU) con la clasificación subjetiva, para luego establecer una escala cuantitativa para cada clase de calidad ósea. Utilizaron 27 tomografías computarizadas (CBCT), maxilar y mandíbula, la densidad ósea trabecular fue evaluada con Dental CT y eFilm; la calidad ósea fue subjetivamente evaluada por 2 examinadores. Los resultados que obtuvieron fue que el hueso tipo 2 fue el más prevalente, y la densidad ósea disminuyó significativamente de los tipos de hueso 1 a 4. Los parámetros cuantitativos se extendieron como sigue: tipo de hueso 4 <200 HU, tipos de hueso 2 y 3 > 200 a <400 HU, y el hueso tipo 1 > 400 HU. Finalmente concluyen que diferentes calidades de hueso se pueden encontrar en cualquiera de las regiones anatómicas (zonas anteriores y posteriores tanto del maxilar y la mandíbula) que sustenta la importancia de la evaluación del tejido óseo in situ antes de colocar un implante ⁽¹¹⁾.

SHEIBEIL y cols. (2009)

En su trabajo de investigación tuvieron como propósito determinar si existe correlación entre la densidad ósea mandibular con la densidad ósea general (femoral, lumbar y cervical), para tal propósito evaluaron 22 pacientes mujeres sanas con edad entre 30 - 45 años y fueron sometidos al examen de densitometría ósea de la columna lumbar, región cervical y femoral, así como en la región mandibular. Los resultados mostraron una correlación significativa entre la densidad de la mandíbula y las otras áreas estudiadas, sin embargo existe la necesidad de exámenes de densitometría para el

área mandibular ya que no se puede extrapolar los valores de densidad ósea de la zona cervical y femoral estimada para esta zona ⁽¹²⁾.

SONG y cols. (2009)

En un estudio clínico buscaron la correlación entre la calidad ósea, evaluada mediante Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT), y la estabilidad primaria del implante. Para tal estudio analizaron a 20 pacientes, en los cuales estuvo planeado la colocación de 61 implantes, realizaron mediciones iniciales con la tomografía computarizada (espesor de hueso circundante al implante, espesor de hueso cortical) y luego de colocado el implante midieron la estabilidad del implante (cociente de estabilidad del implante ISQ) con el instrumento Osstell Mentor. Las correlaciones entre las mediciones obtenidas con la tomografía computarizada y los cocientes de estabilidad del implante (ISQs) fueron probados con el coeficiente de correlación de Pearson dando como resultado fuertes correlaciones a ISQs ($P < 0,025$). Finalmente concluyen que la Tomografía computarizada (CBCT) suele ser eficaz para evaluar la calidad del hueso y la predicción de la estabilidad inicial del implante ⁽¹³⁾.

NAITOH y cols. (2009)

Realizaron un estudio donde buscaron evaluar la relación entre los valores de voxel obtenidos por Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) con un campo de exposición de volumen limitado y un detector de panel plano y densidades minerales óseas (DMO) obtenidas por Tomografía Computarizada Multicorte (MSCT). Utilizaron para este estudio un total de 16 pacientes (4 varones y 12 mujeres) que habían sido sometidos a estudios por Tomografía Computarizada Cone Beam para el tratamiento

de implantes dentales mandibulares y Tomografía Computarizada Multicorte. Reconstruyeron imágenes transversales de CBCT Y MSCT y se calcularon valores en las áreas de interés. En sus resultados observaron una correlación de alto nivel entre los valores de voxel de CBCT y la densidad ósea de MSCT ($r = 0,965$). Concluyendo así que los valores de voxel del hueso esponjoso mandibular en la CBCT podrían usarse para estimar la densidad ósea ⁽¹⁴⁾.

LÓPEZ–QUILES y Cols. (2010)

En un estudio analizaron la densidad ósea de los maxilares de pacientes desdentados parcial o totalmente, usando la Absorciometría de Energía Dual de Rayos X (DEXA), también analizaron las diferencias de densidad entre las distintas zonas de los maxilares incluyendo la edad y sexo, elaborando un mapeo de densidades, para tales objetivos analizaron a 40 pacientes (22 mujeres, 18 varones) con zonas edéntulas de más de 9 meses de evolución realizándoseles una valoración densitométrica en el área desdentada mediante DEXA. Entre sus resultados que obtuvieron destacan una media de densidad general de $0,914 \text{ gr/cm}^2$ ($\sigma = 0,195$), oscilando entre un mínimo de $0,531$ y un máximo de $1,305$; la mandíbula es más densa, $0,976 \text{ gr/cm}^2$, que el maxilar ($0,819$), con una diferencia de más de $0,150 \text{ gr/cm}^2$; el lado izquierdo $0,910$ y el lado derecho $0,918$; zona anterior $0,936$ y zona posterior $0,836$. No aparecieron diferencias significativas en cuanto al sexo ni a la edad, densidad de ambos maxilares para varones, $0,904 \text{ gr/cm}^2$ ($\sigma = 0,194$), y la de mujeres, $0,924 \text{ gr/cm}^2$ ($\sigma = 0,197$). Concluyen que existe diferencias significativas entre todas las zonas tanto del maxilar y la mandíbula; superior e inferior, anterior y posterior, derecho e izquierdo, pero no encontraron diferencias en cuanto la edad y el sexo. También citan que el DEXA es un método válido para la medida de densidad mineral ósea in vivo de los maxilares,

aunque requiere adaptaciones en el dispositivo y el método para su utilización práctica
(15).

KALPALATHA y cols. (2010)

Realizaron un estudio tuvieron como objetivo analizar la estructura trabecular de mandíbulas humanas, valiéndose de imágenes de Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) y análisis de textura, así como también compararon estas técnicas con la densidad ósea mandibular en la predicción y la clasificación de la calidad ósea. Para tal estudio seleccionaron 45 sitios para implantes en la región mandibular. En cada sitio las características de textura fueron evaluadas, el operador subjetivamente clasificó la densidad ósea durante el procedimiento de osteotomía. Concluyen que existe una relación significativa entre los parámetros óseos medidos, la textura ósea y la densidad medida por tomografía computarizada (CBCT) ⁽¹⁶⁾.

NOMURA y cols. (2010)

Realizaron un estudio con la finalidad de investigar si era posible evaluar la densidad mineral ósea (DMO) utilizando los valores de voxel de la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT). Para lo cual analizaron un espectro de agua con una varilla de aluminio y tubos de muestra que contenían soluciones de yodo de diversas concentraciones, mediante CBCT y Tomografía Computarizada Multicorte (MSCT). Midieron los valores de Voxel y los números de CT, respectivamente, y buscaron su correlación. Además, basándose en los números de CT de muestra de referencia de hidroxiapatita (HA), se obtuvo una fórmula de conversión del valor de voxel a densidad mineral ósea (DMO). En sus resultados encontraron que hubo una correlación positiva

entre los valores de voxel de CBCT y la concentración de yodo de las soluciones, independientemente de la dosis de rayos X o la energía media, aunque los valores de voxel tuvieron una ligera tendencia a ser saturados a mayores concentraciones de yodo. También se observó una excelente correlación entre los valores de voxel y los números de CT. La fórmula de conversión del valor de voxel de CBCT a la DMO equivalente fue la siguiente: $y = -0,03669 x^2 + 3,602x - 350,3$ (x: valor de voxel, y: DMO mg/cm³ HA). En conclusión este estudio revela que hay una alta correlación entre los valores de voxel de CBCT y los números de TC de MSCT. Aunque se trataba de un estudio in vitro con condiciones ideales para medir los valores de voxel, existía una clara posibilidad de estimar el número de TC y la DMO utilizando los valores de voxel de las imágenes CBCT ⁽¹⁷⁾.

MAH y cols. (2010)

Realizaron un estudio in vitro con el propósito de investigar la relación entre los niveles de grises en la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) y las unidades de Hounsfield (HU) en los escáneres CBCT. Para ello usaron un espectro que contenía 8 materiales diferentes, de composición y densidad conocidas, que fueron analizados con 11 escáneres de CBCT diferentes y 2 tomógrafos médicos. El espectro se escaneó bajo tres condiciones: phantom solo y phantom en un contenedor pequeño y grande de agua. Investigaron la relación entre los niveles de grises y los coeficientes de atenuación lineal. Sus resultados demostraron que existe una relación lineal entre los niveles de grises y los coeficientes de atenuación de cada uno de los materiales. A partir de la ecuación de regresión lineal de los materiales de referencia, obtuvieron coeficientes de atenuación para cada uno de los materiales y los números de CT en HU. Por ello concluyen que las HU se pueden derivar de los niveles de gris de

escáneres CBCT utilizando coeficientes de atenuación lineal como un paso intermedio⁽¹⁸⁾.

NACKAERTS y cols. (2011)

Realizaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar la variabilidad de los valores de intensidad en la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) en comparación con las unidades de Hounsfield (HU) de Tomografía Computarizada Multicorte (MSCT) para evaluar la fiabilidad de las evaluaciones de densidad utilizando imágenes de CBCT. Para tal estudio exploraron un objeto con un escáner MSCT y cinco escáneres CBCT; el objeto se escaneó repetidamente en una y en diferentes posiciones. Como resultados muestran que las medidas de densidad obtenidos por MSCT mostraron valores de HU estables, mientras que las medidas obtenidas por CBCT, los valores de intensidad fueron variables. Entonces concluyeron que el uso de valores de intensidad en las imágenes CBCT no es confiable, ya que los valores están influenciados por el dispositivo, los parámetros de imagen y el posicionamiento⁽¹⁹⁾.

MIKAMI y cols. (2011)

Realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el valor de píxel de la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT), planteando como problema de que el número de CT derivado de la tomografía médica (MDCT) es eficaz para evaluar la calidad del hueso y por otro lado, que la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) es cuestionable si el valor de píxel de CBCT refleja la calidad del hueso. Para investigar este asunto, prepararon un cráneo seco con marcadores de yeso fijados en diferentes posiciones, y los escanearon con MDCT y CBCT, y luego compararon el número de

TC o el valor de píxel entre los marcadores de yeso. Como resultados obtuvieron que en el caso de MDCT, el número promedio de CT y la desviación estándar fue 2011 ± 79 ; y en el caso de CBCT, el valor de píxel fue de 2815 ± 305 . Finalmente concluyen que la variación en los resultados se deben principalmente a los haces dispersos en la CBCT. El haz incidente se extiende de forma cónica en el CBCT y hay mucha dispersión del haz dependiendo de la posición del objeto medido, haciendo que los valores de píxeles se desvíen. El detector de panel plano equipado en el CBCT no es efectivo para defender el haz disperso en los bordes del detector. Por ello es necesario desarrollar un dispositivo eficaz, como un colimador para eliminar la dispersión de haz o un software para compensar la dispersión de haz ⁽²⁰⁾.

FUSTER-TORRES y cols. (2011)

En un estudio retrospectivo realizado tuvieron como objetivo determinar la densidad ósea en zonas implantológicas mediante Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) y evaluar posibles correlaciones entre la edad, sexo, medidas de torque de inserción y valores de frecuencia de resonancia (RFA). Para ello evaluaron a pacientes edéntulos totales, entre sus exámenes preoperatorios incluyeron una radiografía panorámica, CBCT, y un examen clínico de las mandíbulas. Con las exploraciones de la CBCT se registraron densidades óseas en unidades Hounsfield (HU). Por otra parte también observaron valores de torque de inserción y medidas de estabilidad de implantes (con RFA). La densidad ósea media y los valores de torque de inserción fueron 623 ± 209 HU y $42,4 \pm 4$ Ncm, respectivamente. La estabilidad primaria media (cociente de estabilidad del implante) fue $62,4 \pm 8$. Las diferencias entre la densidad ósea media en la mandíbula (717 ± 204 HU) y el maxilar (490 ± 128 HU) fueron estadísticamente significativas. Hubo una relación estadísticamente significativa entre

los valores de densidad ósea y las medidas de torque de inserción así como también entre la densidad ósea y los valores RFA para los hombres. A partir de sus resultados concluyen que las mediciones de la densidad ósea utilizando CBCT preoperatorio pueden ser útiles como una herramienta de diagnóstico objetivo. Estos valores, junto con valores de RFA y medidas de torque de inserción, pueden proporcionar una evaluación objetiva de la calidad ósea y pueden ser especialmente útiles cuando se sospecha hueso de mala calidad ⁽²¹⁾.

CÁRDENAS y Cols. (2012)

En un estudio transversal y observacional tuvieron como objetivo comparar las mediciones de Hounsfield y Newtons en los implantes y su relación con la carga inmediata. Analizaron 24 implantes a los cuales aplicaron una carga inmediata y midieron en un inicio la densidad ósea, a través de las Unidades Hounsfield (UH) usando la tomografía y luego la estabilidad, haciendo uso de las unidades Newtons (N). Concluyeron que al hacer uso de las Unidades Hounsfield y las unidades Newtons dan una gran ventaja para pronosticar la carga inmediata, ya que hay una relación determinante entre las dos unidades de medición ⁽²²⁾.

BILHAN Y GECKILI (2012)

Tuvieron como objetivo examinar las técnicas de evaluación de la densidad ósea y evaluar la estructura macroscópica de muestras de hueso usando Unidades Hounsfield (HU) y decidir si las unidades Hounsfield es una herramienta precisa para valorar la densidad ósea; para ello, usaron mandíbulas de cadáver humano y lo escanearon con Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT). En dicho estudio

encontraron que la región anterior de la mandíbula tiene valores altos de HU (408 - 742), en la región posterior encontraron valores inferiores de HU (22 – 61 lado derecho y 14 – 55 lado izquierdo). A partir de estos resultados plantean que los valores de HU por sí sola no es una herramienta exacta para determinar la densidad ósea ⁽²³⁾.

VALIYAPARAMBIL y cols. (2012)

En un estudio que realizaron tuvieron como objetivo examinar la relación entre los valores de la escala de grises y las unidades Hounsfield (HU), y también buscaron si los valores de grises de las zonas edéntulas se correlacionan con la calidad subjetiva del hueso. Para ello realizaron mediciones de dos objetos, uno que contenía fosfato de hidrógeno y el otro hidroxapatita de calcio (HA), y tomaron imágenes radiográficas de ambos usando Tomografía Computarizada Multicorte (MSCT) y tomografía computarizada cone beam (CBCT), estos datos obtenidos luego analizaron la relación entre los valores de grises de CBCT y HU (MSCT). Para su otro objetivo, previo a la cirugía implantológica, escanearon con CBCT la zona edéntula posterior de 52 pacientes, midieron los valores de grises de estas zonas edéntulas y lo compararon con la calidad ósea subjetiva. En sus resultados observaron que hubo una fuerte correlación entre los valores de grises de CBCT y las HU (MSCT), observaron que los valores de gris CBCT aumentaron linealmente con el aumento de HA de calcio o material de densidad equivalente al hueso. Por otro lado los valores de gris CBCT obtenidos en las zonas edéntulas oscilaron entre -455 y 642, con una tendencia a la disminución de los valores de gris con el tipo de calidad ósea. Entonces concluyeron que los valores de gris CBCT pueden usarse para inferir densidad ósea y pueden proporcionar una valiosa ayuda para predecir la calidad del hueso en zonas edéntulas implantológicas ⁽²⁴⁾.

MERCHAN (2013)

Realizó un estudio de la densidad ósea del maxilar y mandíbula haciendo uso de la Tomografía Computarizada Helicoidal, en el cual determinaron que existe una correlación entre la densidad ósea, sexo y edad ⁽²⁵⁾.

CASSETTA y cols. (2013)

Evaluaron las diferencias de grosor y densidad del hueso cortical entre los sitios interradiculares en los diferentes niveles de la cresta alveolar, así como también evaluaron las diferencias que pudieran existir entre los adolescentes (12 a 18 años) y adultos (19 – 59 años), hombres y mujeres, maxila y mandíbula, anterior y posterior, lado bucal y lingual/palatino. Para dicho estudio analizaron 48 imágenes obtenidos mediante Tomografías Computarizadas Espiral Multicorte, usaron el Software Sim Plant (Materialise, Lovaina, Bélgica) para medir el espesor del hueso cortical y la densidad ósea en 13 sitios interradiculares y cuatro niveles de hueso (2,4,6 y 8 mm). Concluyendo que los adultos muestran un hueso cortical alveolar más grueso que los adolescentes, el espesor del hueso cortical alveolar y la densidad fue mayor en los varones que en las mujeres, en la mandíbula que en el maxilar, en la parte posterior que en la anterior, en el lado lingual/palatino que el lado bucal ⁽²⁶⁾.

GUPTA y ALI (2013)

En un estudio de revisión realizaron un análisis acerca del uso de la Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT) en la región oral y maxilofacial ellos mencionan que la CBCT es una opción ideal, sirve de ayuda en la planificación de los implantes

orales; Permiten la medición de la distancia entre la cresta alveolar y el canal mandibular para evitar el choque del nervio dentario inferior, evitar la perforación de la lingual rebaje posterior mandibular, y evaluar la densidad y calidad del hueso. Así como también plantean que tiene una menor dosis de radiación, los artefactos metálicos que puedan darse son mínimos, es de fácil accesibilidad, costo bajo y un manejo más fácil que la Tomografía Computarizada Multicorte (TCMC); Sin embargo, este último todavía se considera una mejor opción para el análisis de la densidad ósea utilizando la unidad de Hounsfield (HU) ⁽²⁷⁾.

ARISAN y cols. (2013)

Realizaron un estudio donde tuvieron como objetivo analizar la relación entre los valores de la densidad de grises basados en la Tomografía Computarizada Multicorte (MSCT) y los valores de la densidad de grises en la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) y los parámetros de estabilidad primaria de los implantes colocados por guías quirúrgicas. Para tal estudio escanearon 18 mandíbulas edéntulas aleatoriamente por MSCT y CBCT, y midieron la densidad radiográfica. Los resultados que obtuvieron son valores de densidad de grises basados en CBCT ($765 \pm 97,32$ valores de voxel, VV) que fueron significativamente mayores que los de los valores basados en TC ($668,4 \pm 110$ unidades de Hounsfield, HU, $p < 0,001$). Ellos concluyen que los valores de grises obtenidos por CBCT (valores voxel, VV), similares a los valores de grises de MSCT (HU), podrían ser predictivos para determinar la calidad ósea subjetiva y la estabilidad primaria del implante. Sugieren ellos que los resultados deben ser confirmados con diferentes escáneres de CBCT ⁽²⁸⁾.

GONZALES – GARCÍA y col. (2013)

Realizaron un estudio donde tuvieron como objetivo determinar objetivamente la fiabilidad de la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) como herramienta para evaluar la densidad ósea en las zonas receptores de implantes dentales, analizando su relación con el hueso histomorfométrico y la densidad expresada como fracción volumétrica ósea (BV / TV) evaluada por micro CT de biopsias óseas. Para tal estudio analizaron 39 biopsias óseas de los huesos maxilares de 31 pacientes edéntulos sanos. El análisis de las imágenes obtenidas por CBCT permitió la determinación preoperatoria de los valores de densidad media de los sitios receptores de implantes a lo largo del eje principal de los implantes planificados (densidad ósea radiográfica axial, RBD). El análisis adicional de variables microestructurales óseas incluyendo la fracción volumétrica ósea (BV / TV) se realizó mediante micro-TC de las biopsias óseas extraídas. Sus resultados muestran que la RBD axial media fue de 478 ± 212 (rango: 144-953) y observaron una diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,02$) entre los valores de densidad del hueso cortical del maxilar superior y la mandíbula. Así como también observaron un coeficiente de correlación de Pearson positivo alto ($r = 0.858$, $P < 0.001$) entre RBD y BV / TV. Los valores de densidad superiores a 450 se asociaron con BV / TV superior al 50%. En conclusión muestran que la densidad ósea radiográfica (RBD) evaluado por CBCT tiene una fuerte correlación positiva con la fracción ósea volumétrica (BV / TV) evaluado por micro-CT en las zonas de los implantes dentales en los huesos maxilares. Por ende, la estimación preoperatoria de los valores de densidad por CBCT es una herramienta confiable para determinar objetivamente la densidad ósea ⁽²⁹⁾.

PAUWELS y cols. (2013)

Realizaron un estudio donde tuvieron como objetivo investigar el uso de los valores de grises de la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) para estimar la densidad ósea, correlacionándolo con los valores de densidad obtenidos con Tomografía Computarizada Multicorte (MSCT), para ello evaluaron las densidades de diferentes objetos (aire, polimetil metacrilato, hidroxiapatita y aluminio), estos objetos fueron analizados en CBCT y MSCT, y luego calcularon la correlación entre los valores de gris de CBCT y los números de CT (MSCT). Entre sus resultados el coeficiente de correlación de Pearson osciló entre 0.7014 y 0.9996. A partir de ello concluyen que a pesar que los dispositivos CBCT muestran buena correlación con los números TC, se observan errores al utilizar los valores de grises de forma cuantitativa, peso a ello, en esta investigación resaltan que podría ser posible obtener “pseudo – unidades Hounsfield” en la tomografía computarizada cone beam (CBCT) ⁽³⁰⁾.

LAMIA y cols. (2014)

En un estudio clínico tuvieron como objetivo determinar la densidad ósea de los sitios receptores de implantes dentales utilizando la Tomografía Computarizada Multicorte (MSCT). Su muestra consistió de 72 pacientes, a quienes evaluaron la calidad del hueso y midieron la densidad ósea en 120 áreas diferentes del maxilar y la mandíbula en unidades Hounsfield. Como resultados muestran que los hombres muestran mayor densidad ósea 340 -1082 HU (680.2 HU) que las mujeres 376 – 892 HU (581.5 HU); la densidad ósea disminuye con el aumento de la edad, pacientes menores de 35 años (716.1 HU), entre 35 -49 años (623,9 HU) y mayores de 50 años (514,7 HU); la mandíbula muestra una mayor densidad ósea que el maxilar, en el maxilar

encontraron diferencias significativas entre los tres sectores (anterior, premolar y posterior), mientras que en la mandíbula hubo diferencia significativa entre el sector posterior (613.1HU) y los otros dos sectores (anterior (821,3 HU) y premolar (779.6 HU)), no hubo diferencia significativa entre los sectores anteriores y premolares. Finalmente concluyen que la tomografía computarizada puede proporcionar una ayuda valiosa para predecir la calidad del hueso en los sitios potenciales a implantes y podría ser utilizado para evaluar el cambio de la densidad ósea alrededor de los implantes dentales ⁽³¹⁾.

CASSETTA y cols. (2014)

Realizaron un estudio donde evaluaron si existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de densidad ósea obtenidos por Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT), definido como valores de densidad de grises (valor de voxel, VV) y los obtenidos por Tomografía Computarizada Multicorte (MSCT) definidos en unidades Hounsfield (HU), para ello analizaron Veinte mandíbulas secas. Utilizando software y una plantilla radiográfica, superpusieron las imágenes de exploración por MSCT y CBCT, y crearon dos conjuntos de datos, cada uno de los cuales daba los respectivos valores de gris (valor de voxel [VV] o unidad de campo Hounsfield [HU]) de la misma área con las mismas coordenadas espaciales. Para el análisis estadístico utilizaron la prueba t-sudent, la correlación de Pearson y la r de Pearson. Sus resultados mostraron diferencias entre los valores de densidad de grises CBCT (VV) y CT (HU), que fueron estadísticamente significativas ($p = 0,05$), mientras que los coeficientes de correlación de Pearson y los valores r de Pearson demostraron una correlación lineal estadísticamente significativa entre VV y HU. En conclusión mencionan que la dosis de radiación baja y los costos reducidos de la CBCT hacen

de este un sustituto útil para la MSTC; Sin embargo, este estudio ha demostrado que, para definir con mayor precisión la densidad ósea con CBCT, se necesita aplicar una relación de conversión al VV ⁽³²⁾.

YOUSSEF y cols. (2015)

Realizaron un estudio para evaluar la correlación entre la densidad ósea estimada mediante Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) y la estabilidad de los implantes dentales, medido por análisis de frecuencia de resonancia utilizando Osstell ISQ. Para ello insertaron implantes cónicos en los espacios desdentados mandibulares posteriores en diez pacientes adultos. La densidad ósea de los sitios receptores de implantes determinaron por valor de densidad unidades Hounsfield (HU) utilizando CBCT y la estabilidad de los implantes fueron determinados por unidad cuantitativa denominado cociente de estabilidad del implante (ISQ) medido por análisis de frecuencia de resonancia utilizando Osstell ISQ, ambas mediciones lo hicieron inicialmente, a los 3 y 6 meses después de la cirugía. Los resultados que obtuvieron fue; valor de la estabilidad del implante media de $67,3 \pm 9,14$ inmediatamente después de la cirugía, luego aumentaron en el 3er mes para ser $72,3 \pm 3,95$ y $75,2 \pm 5,33$ en el 6º mes y el valor medio de la densidad ósea fue $827,96 \pm 206,85$ inicialmente, luego aumentaron a $890,67 \pm 138$ en el 3º mes y $1018,0 \pm 149,79$ en el 6ª mes. Realizaron el análisis del efecto de la densidad ósea en la estabilidad del implante, con la cual demostraron que no había relación estadísticamente significativa entre la estabilidad del implante y la densidad ósea en cualquiera de los períodos de seguimiento ($p=0.62$, $p=0.19$, $p=0.37$). Estos resultados negativos ellos atribuyen a la utilización de un número menor de implantes y a la correlación de la densidad ósea con estabilidad primaria y secundaria del implante ⁽³³⁾.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 TEJIDO ÓSEO

3.2.1.1 Embriología del tejido óseo

El sistema esquelético de la cabeza y cuello se desarrolla a partir del mesodermo paraxial, de la lámina del mesodermo lateral y la cresta neural. Todos estos forman una serie segmentada de bloques de tejido a cada lado del tubo neural, a las cuales se les llama somitómeras en la región cefálica y somitas desde la región occipital ⁽³⁴⁾. Las células mesenquimatosas se caracterizan porque emigran y se diferencian en fibroblastos, condroblastos y osteoblastos. Las células de la cresta neural de la región cefálica se diferencian en mesénquima y participan en la formación de los huesos de la cara y del cráneo. En tanto los huesos de la cara se originan en los cartílagos de los dos primeros arcos faríngeos, el primer arco da origen a una porción dorsal, el proceso maxilar que dará lugar al maxilar y la porción ventral denominada proceso mandibular que contiene al cartílago de Meckel el cual se condensa y osifica para dar origen a la mandíbula (ver fig. 1-2) ⁽³⁴⁾.

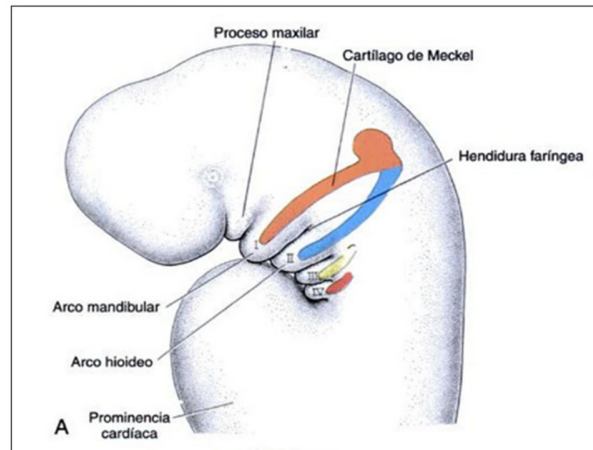


Fig. 1: Vista lateral de la región de la cabeza y cuello de un embrión de 4 semanas, en la cual se observan los cartílagos de los arcos faríngeos que participan en la formación de los huesos de la cara y de la cabeza. (Tomado de: Langman, S. 2008).⁽³⁴⁾

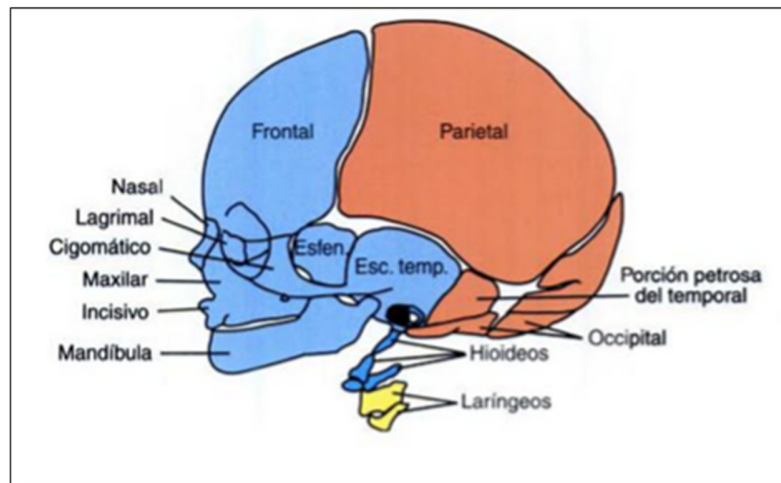


Fig. 2: Estructuras esqueléticas de la cabeza y la cara. El mesénquima de estas estructuras deriva de la cresta neural (azul), de la lámina del mesodermo lateral (amarillo) y del mesodermo paraaxial, somitas y somitómeras (rojo). (Tomado de: Langman, S. 2008).⁽³⁴⁾

3.2.1.2 Histología del tejido óseo

El tejido óseo como parte del esqueleto actúa como soporte de los tejidos blandos protegiendo así a los órganos que se encuentran en las cavidades tanto craneal, torácica y el canal raquídeo. Aparte de desempeñar dichas funciones el hueso actúa como fuente de depósito de calcio, fosfato y otros iones.

Histológicamente el tejido óseo está formado por células y por matriz extracelular calcificada. “Las células que lo forman son: osteocitos que se localizan dentro de cavidades osteoplastos o lagunas situadas en el interior de la matriz (ver fig.3); los osteoblastos, productores de la parte orgánica de la matriz (colágeno), y los osteoclastos, que son células gigantes, móviles y pluripotenciales que reabsorben al tejido óseo participando en los procesos de remodelación de los huesos” (ver fig. 4)

(35).

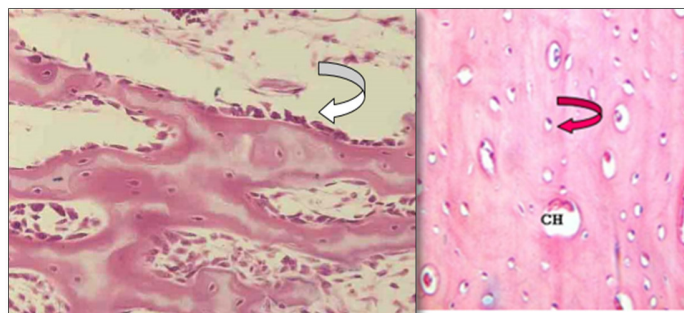


Fig. 3: Histología ósea. La flecha señala un osteoblasto de forma aplana en la superficie ósea (izquierda). Aquí se aprecia un osteocito alojado dentro de un osteoplasto o laguna ósea (flecha roja), en el tejido óseo compacto (derecho) (Tomado de: Junqueira LC. 2006).⁽³⁵⁾

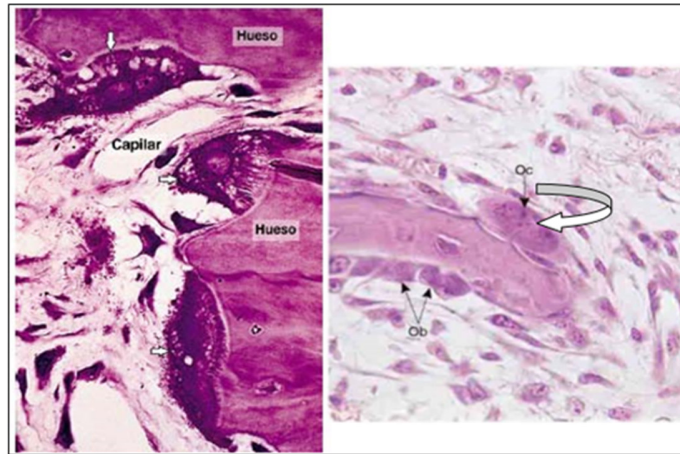


Fig. 4: Histología ósea. Se observan a los osteoclastos (flechas blancas), células grandes con abundantes núcleos y numerosas prolongaciones citoplasmáticas. (Tomado de: Junqueira LC. 2006).⁽³⁵⁾

La matriz extracelular calcificada consta de fibras colágenas, sustancia fundamental, líquido intersticial, electrolitos libres y una fase mineral de fosfato cálcico en forma de cristales de hidroxiapatita y, a veces, de fosfato cálcico amorfo.

El componente mineral está constituida por sales de calcio; fosfato de calcio en un 85% y carbonato de calcio en un 12%. Proporciona rigidez al hueso y se deposita en relación a las fibras de colágeno. Este componente es responsable de la densidad ósea y por lo tanto, de los cambios radiológicos o densitométricos. El componente orgánico consta de fibras de colágeno tipo 1 en más del 90%. Se disponen en láminas paralelas, unidas por la sustancia fundamental, la cual tiene la propiedad de fijar las sales de calcio ⁽³⁶⁾.

Por otra parte el hueso está cubierta internamente por una membrana llamada Endostio y externamente por otra membrana llamada Periostio.

El endostio tapiza las cavidades vascularizadas del hueso. Es una capa muy fina de tejido conectivo, básicamente celular (células hematopoyéticas y osteogénicas). El periostio se compone de dos capas, una externa y otra interna. La capa externa es más delgada, está constituida por tejido conectivo denso y es muy vascularizada, es en esta capa donde tiene lugar la inserción los tendones y tejidos circundantes. La capa interna es donde se encuentran las células osteoprogenitoras ⁽³⁶⁾.

3.2.1.3 Tipos de tejido óseo

Histológicamente existen dos tipos de huesos, un hueso primario (inmaduro) y otro secundario (maduro), ambos tipos de hueso tienen las mismas células y los constituyentes de la matriz ósea.

El hueso, cortado de forma sagital, observándose su superficie a simple vista se logra apreciar que está formado por áreas que no presentan cavidades visibles, a esta parte ósea se denomina hueso compacto; y por áreas que muestran numerosas cavidades intercomunicadas unas con otras, parte ósea denominada hueso esponjoso ⁽³⁵⁾.

Un corte sagital hueso largo examinado en el microscopio se logra distinguir dos tipos de tejido óseo; una capa externa dura de revestimiento compacto o denso, y un tipo de hueso esponjoso o trabecular que consta de trabéculas o barras delgadas de hueso que se anastomosan para formar una especie de entramado de tejido óseo en el

interior del hueso compacto (ver fig. 5). En muy complejo poder establecer un límite entre los dos tipos de tejido óseo, pero sus diferencias están en la cantidad de sustancia sólida que contiene en su matriz y del tamaño - número de trabéculas ⁽³⁷⁾.

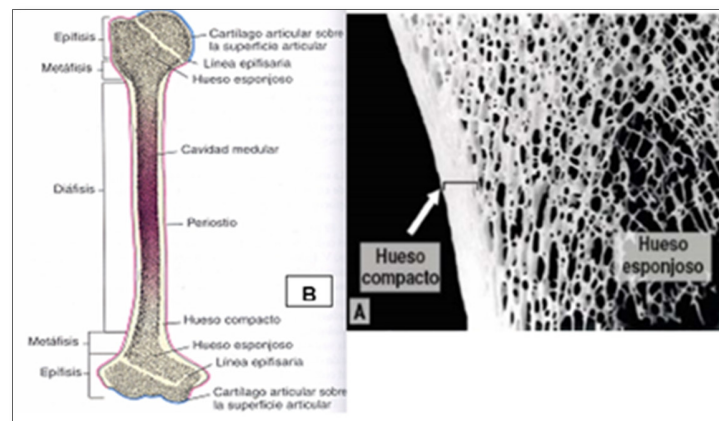


Fig. 5: Microscopía ósea. A. se observa los dos tipos de estructuras óseas, el hueso compacto, el cual es muy denso; y el hueso esponjoso, en el cual se aprecian las trabéculas y espículas dándole un aspecto poroso. B. se aprecia la estructura de un hueso largo. (Tomado de: Junqueira LC. 2006).⁽³⁵⁾

“El hueso cortical o haversiano es un tejido compacto formado por unas unidades morfológicas y funcionales denominadas osteonas o sistemas de Havers. Cada osteona está constituida por un conducto de Havers, tejido mineralizado circundante en forma de laminillas óseas concéntricas y los osteocitos englobados en él (ver fig. 6). El conducto de Havers consta en su interior por una arteriola y una vénula. Toda esta unidad es el resultado de la invasión vascular del hueso de forma entretejida y en la fase más avanzada de dicha invasión se produce una reabsorción osteoclástica” ⁽³⁶⁾.

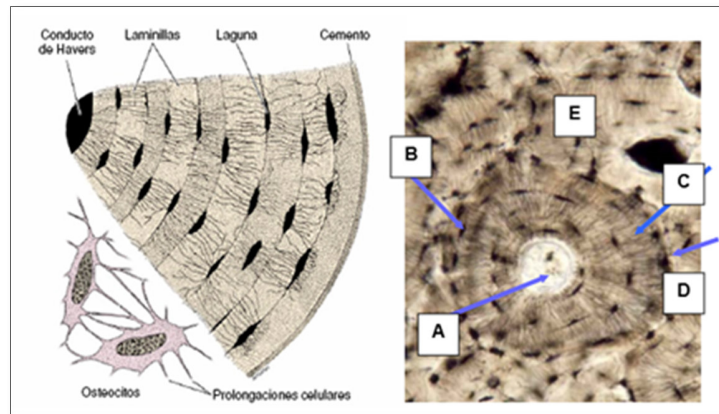


Fig. 6: Sistema de Havers A. Conducto de Havers. B. Osteoclasto o laguna. C. Canaliculos óseos. D. Linea Cementante. E. Laminillas Intersticiales.

(Tomado de: Gardner, L. 2008).⁽³⁷⁾

“El hueso esponjoso o trabecular posee, característicamente, un gran orden en la disposición de las células y haces de colágena, dando lugar a trabéculas o espículas de hueso mineralizado. Éstas están recubiertas de osteoblastos y tejido osteoide. Debido a la tensión muscular y a las cargas funcionales que reciben, las trabéculas se orientan perpendicularmente a las fuerzas de deformación que sufre el hueso. Con ello se consigue una máxima resistencia con un mínimo de materia, y, por lo tanto, la distribución, además del número y tamaño de las trabéculas, depende de la funcionalidad mecánica del hueso” ⁽³⁶⁾.

3.2.2 ANATOMÍA MANDIBULAR Y EVALUACIÓN TOMOGRÁFICA

3.2.2.1 Anatomía mandibular

La mandíbula es un hueso que tiene forma de “U”, presenta un cuerpo aplanado, con apófisis alveolares que alojan los dientes inferiores, y una rama mandibular que hace para terminar en un cóndilo. En la cara anterior del cuerpo se presenta una línea media, sínfisis mentoniana, lugar donde se da a unión (sincondrosis) de las dos hemimandíbulas fetales, también se aprecia en esta misma área una protuberancia que da forma al mentón (barbilla), que es una elevación triangular del hueso, bajo la sínfisis mandibular. En la cara posterior del cuerpo mandibular se logra apreciar las apófisis geni (donde se da la inserción de los músculos genioglosos y genihioideos) y a continuación la línea oblicua interna o milohioidea. La rama mandibular termina en dos apófisis (apófisis condilea y apófisis coronoides), en la cara medial (interna) de la rama mandibular se encuentra un referente anatómico, la espina de Spix, a partir de ello nace un conducto recorriendo hacia adelante e internamente del cuerpo mandibular para finalmente desembocar a nivel apical de las premolares. Tal es así que en la zona de las premolares, por debajo de sus ápices se encuentra un orificio, denominado agujero mentoniano, por donde emerge el nervio y vasos sanguíneos, del mismo nombre, rama terminal del nervio dentario inferior ^(38,39).

3.2.2.2 Arquitectura macroscópica mandibular

En general los huesos cortos muestran una parte central trabeculada, denominado hueso esponjoso, y una parte periférica compacta, denominado hueso cortical.

El hueso mandíbular está constituida por una doble capa de tejido óseo compacto, a las cuales se les denomina tabla interna y tabla externa; entre las cuales se intercala gran cantidad de tejido óseo esponjoso (hueso trabeculado), ésta arquitectura ósea se presenta en toda su anatomía, en el cuerpo mandibular, hacia el reborde alveolar, en el cóndilo y alrededor del conducto dentario, por encima del cual las trabéculas siguen una dirección de curvas que aseguran la resistencia de los molares para neutralizar las presiones ejercidas sobre ellos en el acto masticatorio ⁽³⁹⁾. Las trabéculas ósea son muy delgadas y dejan amplios espacios para alojar la médula ósea. Las presiones masticatorio se transmiten como tensiones desde el diente al proceso alveolar, a través de la lámina dura del hueso alveolar. La mandíbula resiste las presiones gracias al tejido óseo compacto. El proceso alveolar inferior es más fuerte que superior. Esta disposición arquitectónica es esencial para evaluar al hueso en relación con cada alveolo con la ayuda de radiografías ^(38,39).

En general la mandíbula presenta una estructura ósea más densa que el maxilar. La zona anterior (entre los incisivos y caninos) presenta una menor cantidad de tejido esponjoso por lo que ambas corticales (externa e interna) se encuentran unidas. En la zona posterior (premolar y molar) la tabla externa presenta un aumento en grosor mientras que la tabla interna se va haciendo más delgada ⁽⁴⁰⁾.

3.2.2.3 Edentulismo mandibular

Reconocer las características anatómicas – estructurales del hueso mandibular dentado y edéntulo, es de vital importancia en el acto clínico – quirúrgico, para realizar un diagnóstico y/o tratamiento, ya sea mediante el uso de radiografías, tomografías y con la exploración clínica.

Los tejidos blandos y duros, que rodean a las piezas dentarias es denominado periodonto, estos forman parte de un aparato de sostén y protección que contribuyen al equilibrio del sistema estomatognático; a la vez; todas estas estructuras están íntimamente relacionados entre sí desde el punto de vista funcional es por ello que cualquier actividad negativa realizada sobre alguno de estos tejidos repercute necesariamente sobre el otro dependiendo de diversos factores como pueden ser: el tiempo y la susceptibilidad del huésped ⁽⁴¹⁾.

Tal es así que la extracción de los dientes ocasiona la remodelación ósea de los procesos alveolares de la zona o zonas afectadas. Cuando se pierde un diente en la región mandibular determina la reabsorción de la apófisis alveolar, así como también; se va a producir la reabsorción de la cresta alveolar, que en las primeras ocho semanas se da por una marcada actividad osteoclástica que afecta tanto a la cara vestibular y lingual y que es más marcada en la cara vestibular del hueso alveolar ⁽⁴²⁾. Por otra parte, el agujero mentoniano, producto de la reabsorción ósea, se va acercando poco a poco al borde superior del cuerpo mandibular y en casos muy severos de reabsorción el canal mandibular desaparece y el nervio mandibular y mentoniano queda expuesto ⁽³⁸⁾.

“Los primeros molares son el primer diente permanente en erupcionar en la boca y desafortunadamente, suelen ser la primera pieza dentaria que se pierde por caries, fracaso de la terapia endodóntica o fractura” ⁽⁴³⁾.

El edentulismo parcial de extremo libre es de mayor interés ya que en estos pacientes, los dientes perdidos suelen ser reemplazados por prótesis parcial removible. En cuanto al edentulismo mandibular de extremo libre es más prevalente en todos los grupos

de edad. Aproximadamente 13,5 millones de personas, de entre los 25 a 44 años, tiene un edentulismo de extremo libre indistintamente de la arcada ⁽⁴³⁾. En las personas de entre 45 a 54 años de edad, el 31,3 % presenta edentulismo de extremo libre mandibular. El patrón de edentulismo posterior evoluciona en el grupo de edad de entre los 55 a 64 años, en el que el 53% de las arcadas mandibulares presenta edentulismo de extremo libre ⁽⁴³⁾.

El hueso no se desarrolla en ausencia de la dentición, la estrecha relación entre el proceso alveolar se mantiene a lo largo de la vida, la ley de Wolf (1892) establece que el hueso se remodela en función de las fuerzas aplicadas ⁽⁴⁴⁾. Cada vez que la función ósea se modifica, se produce un cambio definitivo en la arquitectura interna y externa. Los huesos necesitan estímulo para mantener su forma y densidad.

La falta de estimulación en el hueso residual provoca una disminución de la densidad ósea y hueso trabecular en el área, producto de la pérdida de un diente, a este cambio acompaña la pérdida del ancho externo, así como de la altura, y el volumen óseo ⁽⁴³⁾. Un diente es necesario para el desarrollo del hueso alveolar y se necesita la estimulación de este hueso para mantener su densidad y volumen. En general, después de la extracción ocurren cambios morfológicos importantes. Las evidencias reportan que aproximadamente el ancho del reborde alveolar se ve reducida entre 5-7 mm y la altura entre 2 a 4.5 mm, en un periodo de 6-12 meses post-exodoncia, y la mayoría de estos cambios tienen lugar en los 4 primeros meses de cicatrización ⁽⁴⁵⁾. Y en datos porcentuales se reportan que habrá una pérdida ósea horizontal que alcanzaría el 63% de su dimensión inicial y una pérdida ósea vertical que alcanzaría el 22% de su dimensión inicial tras 6 meses post exodoncia ⁽⁴⁶⁾.

Visto los cambios estructurales y dimensionales que se dan en los rebordes edéntulo de las estructuras que lo rodean y del hueso alveolar propiamente, y la relación que muestra con la presencia de enfermedades periodontales, la nueva clasificación de las enfermedades periodontales propuestas recientemente por la Academia Americana de Periodontología, vio necesario incluir una nueva categoría, García S, (2003) en un artículo de revisión muestra la adición de la categoría condiciones y deformidades, y como parte de ello la inclusión de factores locales relacionados con deformidades mucocutaneas alrededor de rebordes edéntulos, todo ello en la nueva clasificación de enfermedades periodontales ⁽⁴⁷⁾.

La pérdida de hueso en el área mandibular no se limita solo al hueso alveolar, sino también pueden ser reabsorbidas algunas porciones del hueso basal, específicamente en el sector posterior donde una reabsorción grave puede producir una pérdida ósea de hasta el 80% del total de hueso ⁽⁴³⁾.

En la mandíbula la media de reabsorción en altura durante el primer año tras la extracción dentaria es de 4 a 5 mm ^(36,48,49), y posteriormente proseguirá más lentamente pero siempre de forma más rápida e intensa que en el maxilar superior, aproximadamente en una proporción de 3/1 o 4/1 ^(36,49,50).

Al saber la ocurrencia de cambios estructural y morfológicos después de una exodoncia, en la actualidad se están implantando técnicas de regeneración ósea que nos permiten mantener el reborde alveolar tanto en ancho como en altura, post-exodoncia ⁽⁴⁵⁾. En la técnica de preservación de alveolo, procedimiento realizado para mantener el reborde tanto en ancho como altura, se hace uso de diferentes materiales que van a ser colocados en el alveolo como relleno, cuya función es de andamiaje y

evitar la invasión del epitelio hacia el alveolo para su futura reabsorción y formación de hueso. En un estudio, García y col (2010) usaron el Fosfato Tricálcico Beta, como material de relleno para la preservación de alveolo; y al cabo de 12 meses ellos observaron clínicamente como el reborde se mantuvo tanto en ancho como en altura (45).

3.2.3 EVALUACIÓN TOMOGRÁFICA ÓSEA

3.2.3.1 Cortical y medular ósea mandibular

La mandíbula está constituida por una doble capa de tejido óseo compacto, a las cuales se les denomina tabla o cortical interna y tabla o cortical externa, siendo esta última de mayor grosor, pero ambas tablas se van engrosando conforme van acercándose a la región molar. Entre las dos corticales se encuentra tejido óseo esponjoso, lo cual se encuentra solo un 20% en la región incisal y un 10% en la región premolar (36).

“Las dos capas paralelas de hueso compacto son las tablas externas e internas, al hueso esponjoso entre ellas se le llama diploe” (37).

Estudios revelan que el hueso trabecular no se ve modificado ni por la edad ni por el sexo, con respecto al porcentaje de masa ósea, grosor trabecular y actividad ósea, mientras que a nivel del hueso cortical la edad influye en la masa ósea de la misma. La porosidad del hueso cortical en las mandíbulas aumenta claramente con el aumento de la edad, pero parece ser independiente del sexo (51).

3.2.3.2 Espesor de la cortical ósea mandibular

En un estudio realizado por Ono y cols. (2013), mediante tomografías tuvieron como objetivo investigar el espesor del hueso cortical en la región posterior bucal, mesial y distal del primer molar y determinar las diferencias según la ubicación, la edad y el sexo. Muestran que los espesores promedio de hueso cortical varían de 1,09 a 2,12 mm en el maxilar y de 1.59 a 3.03 mm en la mandíbula y que en las mujeres se presenta un hueso cortical más delgado ⁽⁵²⁾.

Casseta y cols. (2013), En otro estudio realizado, con tomografías computarizadas, muestran que los adultos presentan un hueso cortical alveolar más grueso que los adolescentes y el espesor del hueso cortical alveolar y la densidad fue mayor en los varones que en las mujeres, así como también en la mandíbula que en el maxilar y en la región posterior que en la anterior, y en el lado palatino /lingual que el bucal ⁽²⁶⁾.

El grosor del hueso cortical está en proporción a una disminución de la masa ósea, hay gran influencia de la edad en el espesor de la cortical ⁽⁵³⁾.

3.2.4 DENSIDAD ÓSEA

3.2.4.1 Densidad ósea sistémica

La densidad ósea se define por la concentración media de mineral por unidad de área⁽⁴⁾. Existen diferentes métodos para llevar a cabo la medición de la densidad.

Densitometría mineral ósea:

La cuantificación de la densidad mineral ósea, densitometría ósea, se basa en el principio de la atenuación que sufren los rayos X o los fotones de rayos gamma al atravesar los tejidos. Los valores de atenuación se suelen expresar en equivalentes a grosor mineral con la finalidad de compararlos con valores medios obtenidos en la población normal, ya que intervienen como factores la edad, sexo y raza ^(4,25). Para la valoración de la densidad ósea sistémica, mediante densitometría ósea, las áreas exploradas son la zona lumbar (promedio de las vértebras L1-L4 o L2-L4) y el tercio proximal del fémur (trocánter mayor, área intertrocantérea, cuello femoral y triángulo de Ward) ⁽²⁵⁾.

La densidad está incluida dentro de la calidad ósea, concepto más amplio que engloba otros factores como las propiedades biomecánicas (escala, forma, anisotropía, conectividad, etc.), la arquitectura (grosor de la cortical, características de la red trabecular) y las propiedades del remodelado o recambio del hueso.

3.2.4.2 Densidad ósea en los maxilares

El crecimiento y remodelación mandibular involucran la aposición y resorción ósea tanto en niños como en adultos. La mayor ganancia en masa ósea ocurre durante el crecimiento lineal que se completa hacia los 20 años. Durante los 5 a 15 años siguientes después del cese del crecimiento óseo, el acrecentamiento mineral continúa en algunos sitios, en ausencia de cualquier cambio apreciable en el tamaño esquelético y después de un periodo variable comienza la pérdida neta de hueso ⁽³⁶⁾. Tanto hombres como mujeres son afectados, aunque la proporción de pérdida ósea

en mujeres es 3 veces mayor que en los hombres, especialmente después de la menopausia ⁽³⁶⁾.

La densidad de los huesos maxilares está fuertemente relacionada con la localización anatómica. Habitualmente, la mayor densidad ósea se localiza en la zona anterior de la mandíbula y la zona de menor densidad es el sector posterior del maxilar ⁽¹⁵⁾. En algunos estudios la zona posterior de la mandíbula aparece más densa que la zona anterior de la maxila y en otros el área anterior de la maxila es más densa que la posterior de la mandíbula. No obstante puede haber variaciones en la densidad ósea en todas las localizaciones ⁽²⁵⁾.

La cuantificación ósea en la mandíbula inicialmente fue realizada por Omnelí (1957) que mediante radiofotometría, intentó medir cambios en la densidad de los maxilares en perros ⁽³⁶⁾.

Por otro lado los estudios densitométricos de la mandíbula se inician con Henrikson y cols (1967), utilizaron un absorciómetro de fotón simple con frente de Iodo-125, para investigar el hueso alveolar, los cambios cuantitativos del hueso después de la cirugía periodontal y también el grosor y contenido absoluto de mineral del proceso alveolar ^(36,54).

Por otra parte, se realizaron numerosos estudios donde tratan de correlacionar estudios densitométricos del esqueleto axial (densidad ósea sistémica) con la densidad ósea de los maxilares, con el fin de realizar el diagnóstico de osteoporosis. Tal es así que Verheij y col. (2009) y Geraets y col. (2008), en sus estudios determinaron la correlación entre la densidad ósea sistémica (lumbar y femoral) y la

densidad de la cavidad bucal, ellos concluyen que la cuantificación de la densidad en la cavidad bucal puede ser útil en el diagnóstico de osteoporosis ^(55,56).

Drage y cols (2007), en un estudio tuvieron como objetivo investigar la relación entre la densidad mineral ósea de los maxilares y otros sitios del esqueleto. Concluye que la rama mandibular muestra correlación de la densidad ósea con sitios del esqueleto, más no las áreas edéntulas ⁽⁵⁷⁾.

3.2.4.3 Medición de la densidad ósea

I. Medición subjetiva

La calidad ósea está dada por la relación cuantitativa entre hueso cortical y medular. La cortical representa la parte densa y mayormente mineralizada del hueso mientras que la medular está constituida por tejido trabeculado escasamente mineralizado. La calidad del hueso representa un parámetro de pronóstico importante para el tratamiento implantoprotésico ⁽⁵⁸⁾.

Las técnicas de evaluación subjetiva de la densidad ósea más usadas son el índice de Lekholm y Zarb (escala visual) y la percepción táctil del hueso realizada por Carl Misch.

En primera instancia hubo una clasificación ósea dada por Linkow en 1970, quien clasificó la densidad ósea en tres tipos ⁽⁵⁹⁾:

- Hueso tipo I; presenta algunas trabéculas espaciadas con pequeños espacios medulares. Denominado hueso ideal.
- Hueso tipo II; presenta espacios medulares ligeramente mayores con menor uniformidad en el patrón óseo.
- Hueso tipo III; presenta grandes espacios medulares entre las trabéculas.

Lekholm y Zarb en 1985 introdujeron una clasificación de la calidad ósea de los maxilares en el paciente totalmente edéntulo sobre la base de la evaluación radiográfica y de la percepción subjetiva de la resistencia ósea al momento de perforar la zona implantaria. Para ello propusieron 4 categorías (1,43):

- Hueso tipo 1, hueso compacto y homogéneo casi exclusivamente cortical.
- Hueso tipo 2, hueso cortical compacto con porción trabecular densa.
- Hueso tipo 3, hueso cortical delgado con porción trabecular densa.
- Hueso tipo 4, hueso cortical delgado con porción trabecular de baja densidad.

Años más tarde Carl Misch en 1988 mejoró la clasificación ósea, y abarcaba todo el esqueleto craneofacial, él se basó en las características macroscópicas del hueso cortical y del hueso esponjoso y a la sensación o percepción táctil de la dureza percibida durante el fresado de la osteotomía previa a la colocación del implante. Clasifica el hueso en clases D1, D2, D3 y D4 (ver figura 7 y 8) (2,43,58):

- El hueso D1; sería como roble o arce (cortical denso), no se observa nunca en el maxilar superior pero está presente en el maxilar inferior (sífnisis y en atrofas óseas)
- El hueso D2; sería como pino o abeto (cortical de denso a poroso y trabecular denso). Se observa con mayor frecuencia en la mandíbula y en el maxilar superior, se puede encontrar en regiones parcialmente edéntulas, a nivel de los incisivos, caninos o premolares
- El hueso D3; sería como madera de balsa (cortical poroso y trabecular fino), es muy común encontrarse en el maxilar.
- El hueso D4; sería como poliestireno o gomaespuma (poca cortical y trabecular fino). Se puede encontrar en la región posterior del maxilar en un 40% de los casos y en la región anterior en un 10%.

DENSIDAD ÓSEA	DESCRIPCIÓN	SIMILITUD TÁCTIL	LOCALIZACIÓN ANATÓMICA
D1	Cortical densa	Madera roble o arce	Zona anterior mandibular
D2	Cortical porosa y trabéculas gruesas	Pino blanco o abeto	Zona anterior mandibular Zona posterior mandibular Zona anterior maxilar
D3	Cortical porosa (delgada) y trabéculas finas	Madera de balsa	Zona anterior maxilar Zona posterior maxilar Zona posterior mandibular
D4	Trabéculas finas	Poliestireno	Zona maxilar posterior

Fig. 7: Clasificación de Misch de la densidad ósea (adaptado de: Misch, C. 2008).

HUESO	MAXILAR ANTERIOR	MAXILAR POSTERIOR	MANDÍBULA ANTERIOR	MANDÍBULA POSTERIOR
D1	0 %	0 %	6 %	3 %
D2	25 %	10 %	66 %	50 %
D3	65 %	50 %	25 %	45 %
D4	10 %	40 %	3 %	1 %

Fig.8: Tipo de hueso, según la clasificación de Misch, en función a la ubicación anatómica (% de ocurrencia) (adaptado de: Misch, C. 2008)

Diversos estudios mostraron evaluar la fiabilidad y la eficacia de las valoración subjetivas de la calidad ósea; tal es así que, Trisi y Rao (1999), realizaron un estudio en el cual correlacionaron las distintas clases de densidad ósea, evaluadas subjetivamente en el momento del fresado para colocar el implante dental, con el porcentaje de hueso trabecular evaluado histomorfológicamente con biopsias óseas realizadas durante la cirugía implantaria. Y con ello demostraron que la percepción subjetiva del operador puede distinguir el hueso D1 del D4, pero no las clases intermedias (D2, D3) ⁽⁶⁰⁾.

Cavallaro y Greenstein (2009) proponen tres tipos de hueso según la percepción táctil en el fresado quirúrgico, tipo denso (Td), tipo medio (Tm) y tipo bando (Ts) ⁽⁶¹⁾:

- El tipo Td, comprende un hueso cortical puro o cortical con medular que ofrece notable resistencia al fresado. Se puede encontrar en la cara anterior de la mandíbula.

- El tipo Tm, corresponde a una capa de hueso cortical de 2-3 mm seguida de una medular que proporciona una resistencia limitada al fresado. Se encuentra en maxilar región anterior y mandíbula región posterior.
- El tipo Ts, comprende una capa fina de cortical y hueso medular de mala calidad. Se halla en la región posterior del hueso maxilar

Rebaudi y cols (2010), proponen una nueva clasificación: la clasificación HNS (Hard, Normal y Soft) ⁽⁶²⁾.

- El tipo H: corresponde con el D1 (Misch) y I (Lekholm y Zarb)
- El tipo N: corresponde con el D2-D3 (Misch) y II –III (Lekholm y Zarb)
- El tipo S: corresponde con el D4 (Misch) y IV (Lekholm y Zarb)

No obstante, estas evaluaciones resultan empíricas y subjetivas, basadas en la apreciación personal y experiencia del cirujano y son con frecuencia erróneas por lo que fue necesario el empleo de técnicas más precisas, con la cual surgen técnicas densitométricas objetivas, pero a pesar de estas limitaciones las valoraciones subjetivas suelen ser útiles en la práctica clínica cotidiana.

II. Medición objetiva

Para lograr la medición de la densidad ósea de manera objetiva se tiene la radiología convencional y digital, la absorciometría de doble energía o doble haz de rayos X (DXA) , la tomografía computarizada y la medida del torque

de inserción y de la estabilidad primaria implantaria (AFR). En la actualidad también se cuenta con ultrasonografía cuantitativa (QUS) y resonancia magnética (RMN) como posibles técnicas densitométricas

a. Exámenes de medición de la densidad ósea

Hoy en día existen una variedad de modalidades de diagnóstico por imágenes para valorar el contenido mineral óseo, por ende la densidad ósea, en las que se incluye dispositivos radiológicos, analógicos o digitales ya se en dos o tres dimensiones, a estos se les agrega dispositivos recientemente creados como son gammagráficos, ecográficos y resonancia magnética.

i. Radiografías analógicas y digitales

En cuanto a las radiógrafos analógicos se pueden describir como dispositivos bidimensionales que emplean para su visualización películas radiográficas o pantallas de intensificación como receptores de imágenes ⁽⁴³⁾. La calidad de la imagen que estos dispositivos emiten se caracterizan por la función de transferencia resolución/modulación, contraste/H y curva D, espectro de ruido/ Weiner, y la sensibilidad ⁽⁶³⁾.

Por otro lado las radiografías digitales, son adelantos científicos nuevos en el campo de la radiología, que ayuda a reducir las limitaciones de las radiografías analógicas. La radiología digital es un procedimiento de imagen en la cual la película radiográfica es sustituida por un sensor que

recoge los datos imageneológicos, que luego será interpretada y mostrada mediante un ordenador (computador). La imagen formada puede ser modificada de acuerdo a las necesidades, por ejemplo en escala de grises, brillo, contraste e inversión. Por otra parte las imágenes digitales tienen elementos fotográficos individuales llamados píxeles, la cual se describe por su anchura, altura y píxeles ⁽⁴³⁾.

La radiografía panorámica es una técnica radiográfica tomográfica de plano curvo empleado para representar el cuerpo de la mandíbula, el maxilar y la mitad inferior de los senos maxilares en una sola imagen, esta forma imageneológica es probablemente la modalidad diagnóstica más empleada en la odontología e implantología oral. En tanto la radiografía panorámica se caracteriza por la formación de una sola imagen de los maxilares que muestra una magnificación vertical del 10 % y una horizontal del 20 %, junto con un espesor de sección tomográfica que varía de acuerdo a la posición anatómica. Finalmente la radiografía panorámica es una técnica de alto rendimiento diagnóstico en el caso de enfermedades dentarias y óseas, mas no muestran la calidad y mineralización del tejido óseo circundante, por lo que la valoración de la densidad sería empírica, por lo que el contraste sería la diferencia de densidades en áreas distintas; por ende como imagen cuantitativa no es la más confiable. Pero en la actualidad se presentan software que permiten la calibración y de esta manera disminuyen los errores cuantitativos a causa de las magnificaciones ^(25,43).

Yang (1987). En un estudio clínico determinó la medida del ancho de la cortical mandibular en la región comprendida entre premolares y molares, valiéndose de radiografías ^(25,64).

Jonasson y cols. (2007). Determinaron la densidad del hueso alveolar de la región mandibular, para ello utilizaron radiografías periapicales analógicas, en las cuales evaluaron visualmente su patrón trabecular según la escala de grises ⁽⁶⁵⁾.

Pham y cols. (2010). En un estudio realizado utilizaron radiografías periapicales y panorámicas para determinar el patrón trabecular mandibular utilizando un índice visual ⁽⁶⁶⁾.

ii. Absorciometría de energía dual de rayos X (DXA)

De todos los dispositivos existentes para valorar el contenido mineral óseo, la absorciometría dual de doble energía de rayos x (DXA) valora medidas directas de la densidad ósea in vivo en los análisis de evaluación de masa ósea de todo el tejido óseo, que generalmente se toman como áreas de análisis el fémur y la columna lumbar ⁽¹⁵⁾. La preferencia de estas zonas de análisis es por lo que hay una mayor frecuencia de fracturas por osteoporosis y a su mayor proporción de hueso trabecular (que representa el 20% de la masa ósea, el 80% del metabolismo óseo y es 10 veces más activo metabólicamente que el cortical) ^(67,68).

La función de estos dispositivos de análisis se basa en la emisión de dos haces de energía diferentes originados de una fuente de rayos X, con la cual se mide la capacidad de captación de fotones e indirectamente la cantidad de masa grasa y magra y su distribución, la utilización de dos haces de energía permite corregir la atenuación producida por los tejidos blandos ⁽⁶⁹⁾.

Esta técnica densitométrica es la más utilizada en la actualidad por su baja radiación, por su precisión y por su capacidad de poder explorar diferentes partes anatómicas del esqueleto para así obtener medidas tanto del esqueleto axial como del esqueleto periférico.

Planas y col. (2006) en un estudio clínico propone considerar a la absorciometría dual de rayos X a nivel de columna lumbar y cadera como una técnica estándar para la valoración de la masa ósea ⁽⁴⁾.

Lopez-Quiles y cols. (2010), realizaron un estudio en la cual analizaron la densidad mineral ósea de los maxilares desdentados in vivo mediante el uso de la absorciometría dual de doble energía de rayos X (DEXA) ⁽¹⁵⁾.

iii. Tomografía computarizada

En un sistema destinado a medir la densidad mineral ósea en el esqueleto axial y apendicular (periférico) ⁽⁶⁹⁾. Este es la única técnica que nos ofrece una medida tridimensional volumétrica (sagital, axial y coronal), y por tanto la única que es capaz de diferenciar el hueso cortical del trabecular, por

ende ser puede realizar estimaciones de la densidad mineral ósea del hueso trabecular y del hueso cortical, sus unidades son masa por unidad de volumen (mg/cm^3). La tomografía computarizada cuantitativa tiene un valor predictivo de fractura vertebral igual de bueno que la DXA de columna y presenta una precisión del 1% a nivel de la columna y del 1,2 - 3% a nivel de la cadera ^(4,69).

Estructura y función

La tomografía computarizada (TC) consta de un tubo emisor de radiación que gira alrededor del área de interés y la radiación no absorbida es recogida por los sensores o detectores que captan la imagen, esta imagen es tridimensional: el área explorada se convierte en un volumen constituido por una matriz de vóxeles, (volumen elementos, unidades mínimas de volumen). La TC proporciona imágenes con cortes coronales, axiales y sagitales, obteniéndose múltiples imágenes al rotar alrededor del cuerpo ⁽²⁵⁾. Esta técnica evita la superposición de estructuras situadas por delante o por detrás del corte y se logra una imagen exacta, sin distorsiones geométricas.

1. Tipos

- **Tomografía computarizada convencional;** en este tipo de tomografías el tubo emisor de rayos X y los sensores giran alrededor del objeto de estudio y una vez obtenida una sección del objeto, se desplaza éste para conseguir el siguiente corte y así sucesivamente ⁽²⁵⁾.

- **Tomografía computarizada helicoidal;** En este tipo de tomografías el movimiento rotatorio del tubo emisor de rayos X y los sensores es simultáneo al desplazamiento lineal del objeto de estudio sobre su posición, obteniéndose así una serie de hélices o espiras, pudiéndose manejar la distancia entre las hélices que luego se verán reflejadas en las imágenes ⁽²⁵⁾.
- **Tomografía computarizada espiral multicorte;** es un dispositivos de diagnóstico en la cual las imágenes son generadas por una fuente de rayos X. Estas imágenes generan una escala de grises de acuerdo al nivel de intensidad recibida por el receptor del Tomógrafo ⁽⁷⁰⁾, estos equipos tomográficos trabajan con hasta 64 haces de radiación, lo que permite una visualización muy precisa, incluso de órganos en movimiento. Debido a su exactitud esta técnica es considerada el patrón oro de referencia en la TC o “gold standard” ⁽²⁵⁾.
- **Tomografía computarizada de haz cónico o tomografía computarizada digital volumétrica (Tomografía Computarizada Cone Beam);** este dispositivo fue desarrollado a finales de los años 90, con la finalidad de ser usado en el campo odontológico y obtener imágenes tridimensionales del esqueleto maxilofacial con una dosis de radiación menor a las producidas usando la Tomografía computarizada convencional ^(71,72).

“Las Tomografía computarizada Cone-Beam (CBCT), se basa en una fuente de haz cónico de rayos x que rota alrededor del objeto de interés entregando información de volumen, usando un recolector digital plano, como detector. La técnica implica una rotación de 360º grados en la cual la fuente de rayos x, recíprocamente con el área del detector, sincrónicamente se mueven alrededor de la cabeza del paciente, la cual está estabilizada con un sujetador de cabezas” ⁽⁷³⁾.

Las imágenes obtenidas por la tomografía de haz cónico difiere de la imagen de la tomografía computarizada convencional en que el volumen tridimensional de los datos es adquirido en el curso de un solo barrido del escáner, usando una simple y directa relación entre sensor 2D y fuente de radiación que rotan sincronizadamente alrededor de la cabeza del paciente ⁽⁷²⁾. (Ver figura 9).

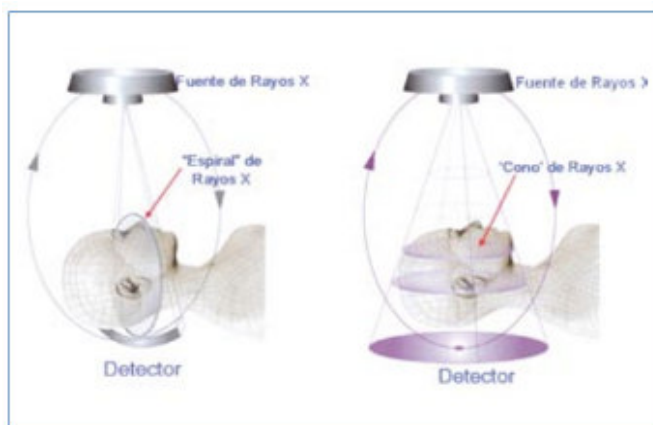


Fig. 9: Esquema que muestra la adquisición de la imagen en el TAC (Izda.) y en el CBCT (Tomado de: *Lenguas, AL.2010*).⁽⁷²⁾

Dependiendo del tipo de escáner utilizado, la fuente de rayos X y el detector rotan entre 180 y 360 grados alrededor de la cabeza del paciente. El haz de rayos es de forma cónica y obtiene un volumen de datos cilíndrico o esférico, descrito como Field of View (FoV), cuyo tamaño del FoV es variable ⁽⁷²⁾. (Ver fig. 10)



Fig. 10: Esquema que muestra los diferentes tamaños de FOV de más pequeño (Izda.) a más grande (Tomado de: Lenguas, AL. 2010).⁽⁷²⁾

Tomógrafos Cone Beam de gran volumen (i-Cat; Imaging Sciences International, Hatfield, Pa, USA y Newtom; QR, Verona, Italia) son capaces de capturar el esqueleto maxilofacial completo, otros tomógrafos Cone Beam también permiten ajustar la altura del FoV cilíndrico para capturar sólo una zona (por ejemplo, i-Cat). Esto tiene la ventaja de reducir la dosis de radiación ⁽⁷²⁾.

Los tiempos de adquisición de la imagen con los tomógrafos Cone Beam varían entre los 10 a 40 seg. Y esto es en función al tipo de tomógrafo usados y los parámetros de exposición seleccionado ⁽⁷²⁾.

Las imágenes 3D están constituidas por voxels, cuyo tamaño de cada voxel depende de la altura, anchura y grosor o profundidad y es el elemento más pequeño del volumen de la imagen radiográfica 3D. Las imágenes obtenidas con la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT), los voxeles son isotrópicos, (iguales en longitud, altura y profundidad), lo que permite unas mediciones geométricamente precisas para en cualquier plano ⁽⁷²⁾.

Hatcher y cols. (2003) realizaron un estudio con el cual muestran que la Tomografía Computarizada Cone Beam es una herramienta de imagen de gran utilidad para la evaluación pre-quirúrgica en implantología, por otra parte concluyen que los tomógrafos Cone Beam son de fácil manejo y de bajo costo ⁽⁷⁴⁾.

2. Escala de unidades Hounsfield

La valoración de la densidad mediante la tomografía computarizada se realiza mediante una escala de grises (ver fig. 11) ofrece valores en unidades Hounsfield (HU). Dicha escala viene dada según la discriminación de los grados de atenuación de los Rayos X al atravesar un cuerpo ⁽²⁵⁾.

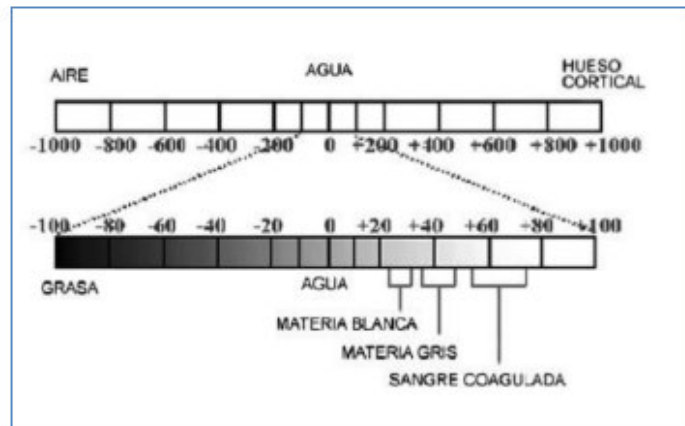


Fig. 11: Escala de grises (Tomado de: Merchán, MS. 2013).⁽²⁵⁾

Ahora bien, para comprender el concepto de Unidades Hounsfield es necesario comprender el coeficiente de atenuación lineal μ ; el coeficiente de atenuación lineal, expresa la atenuación que sufre un haz de rayos X, al atravesar una determinada longitud de una sustancia dada; este coeficiente es específico de cada sustancia o materia ^(25,75). En el cuerpo humano, el haz de rayos X pasa a través de materiales de distintos coeficientes de atenuación, por lo cual se considera al cuerpo como compuesto por un gran número de elementos de igual tamaño y cada uno de los cuales posee un coeficiente de absorción constante. Estos coeficientes de atenuación están indicados como $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$, y para determinar la atenuación de cada elemento, debe obtenerse un gran número de mediciones desde distintas direcciones, generando un sistema de ecuaciones múltiples ⁽⁷⁵⁾.

Los diferentes tejidos del cuerpo humano arrojan diferentes grados de atenuación de estos rayos X, por lo que Hounsfield elaboró una escala

(HU), para lo cual tomó como referencia la atenuación que producía el agua sobre un haz de rayos X y le dio un valor de 0 HU, posteriormente midió la atenuación del hueso compacto cortical al que le adjudicó el valor de +1000 HU y luego al aire -1000 HU., por lo que universalmente se ha adoptado la escala Hounsfield ^(75,76). (Ver fig.12)

ESCALA HOUNSFIELD	
Material o Sustancia	Número TC
Hueso Compacto	1000
	800
	600
	400
	200
Sangre coagulada	56-76
Sustancia cerebral gris	36-46
Sustancia cerebral blanca	22-32
Sangre	12
Agua	0
Grasa	-100
	-200
	-400
	-600
	-800
Aire	-1000

Fig. 12: Escala de Hounsfield (Tomado de: Corbo, PD. 2004).⁽⁷⁵⁾

Teniendo imágenes dadas por la tomografía computarizada se puede valorar los distintos tipos de huesos a través de estas unidades, siendo denominado un hueso cortical muy denso a aquellos que superan las 600 HU, hueso cortical esponjoso a aquellos que están entre 400 y 600 HU y hueso cortical esponjoso de baja densidad a aquellos que están bajo las 400 HU ⁽⁷⁾.

La exactitud de la densitometría ósea con tomografía computarizada y usando las unidades Hounsfield (HU) ha sido comprobada y contrastada con la histomorfometría de la biopsia ósea, que arrojan igual densidad “histológica o histomorfométrica” ⁽²⁵⁾. Tal es así que realizaron diversos estudios en los cuales buscaron comparar las densidades óseas obtenidas mediante la tomografía computarizada con las obtenidas mediante análisis histomorfométricos. Todisco y col. (2005) hallaron una relación estadísticamente significativa entre las densidades obtenidas mediante histomorfometría y con la tomografía computarizada ⁽⁷⁷⁾.

3. Unidades Hounsfield en Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT).

La unidad Hounsfield (HU) es una escala estandarizada y aceptada para reportar y mostrar valores de Tomografía Computarizada, esta unidad se basa en una escala lineal definida sólo por dos puntos: la atenuación del aire seco, ajustado a 1.000 HU y la atenuación del agua pura a 25 ° C, ajustada a 0 HU. Por ende las HU son números estándar que se originan de imágenes convencionales de Tomografía Computarizada Multicorte (MSCT), esto es de uso médico. Por ello trasladar estas unidades Hounsfield como valor de medición de densidad ósea en la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT), no es adecuado ni confiable. Tal es así que, Song y cols. (2009), mencionan que la calidad ósea se puede medir con CBCT, sin embargo; para CBCT, la unidad

estándar de mostrar densidad ósea (HU) no se utiliza; Más bien, debe usarse el término "número CT" ⁽¹³⁾.

Entonces al no ser correcto el uso de unidades Hounsfield en CBCT, los investigadores introdujeron el término Valor de Voxel (VV) como unidad de medida de la densidad ósea haciendo uso de la CBCT; es así que, Naitoh y cols. (2009), realizaron un estudio donde buscaron evaluar la relación entre los valores de voxel (VV) obtenidos por Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) y densidades minerales óseas (DMO) obtenidas por Tomografía Computarizada Multicorte (MSCT), encontrando una correlación de alto nivel entre los valores de voxel (VV) de CBCT y la densidad ósea de MSCT ⁽¹⁴⁾. Por otro lado, Nomura y cols. (2010), Realizaron un estudio con la finalidad de investigar si era posible evaluar la densidad mineral ósea (DMO) utilizando los valores de voxel (VV) de la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT), en ese estudio obtuvieron una fórmula de conversión del valor de voxel a densidad mineral ósea (DMO), $y = -0,03669 x^2 + 3,602x - 350,3$ (x: valor de voxel, y: DMO mg/cm³ HA). Y también observaron una alta correlación entre los valores de voxel (VV) y los números de CT obtenidos por MSCT ⁽¹⁷⁾. También Arisan y cols (2013), realizaron un estudio donde tuvieron como objetivo analizar la relación entre los valores de la densidad de grises basados en la tomografía computarizada multicorte (MSCT) y los valores de la densidad de grises en la tomografía computarizada cone beam (CBCT). Ellos concluyen que los valores de grises obtenidos por CBCT (valores voxel, VV), similares a los valores de grises de MSCT (HU), podrían ser predictivos

para determinar la calidad ósea subjetiva ⁽²⁸⁾. Por último en un estudio realizado por Cassetta y cols (2014), sobre mediciones de densidad mediante la tomografía Cone Beam, definen a los valores dados por CBCT como Valores de Voxel (VV) ⁽³²⁾.

Por otra parte las evidencias científicas muestran la alta confiabilidad de usar la Tomografía Computarizada Cone Beam, como instrumento para la valoración de la densidad ósea y por ende la calidad ósea en la región maxilar y mandibular. Valiyaparambil y cols (2012), tuvieron como objetivo examinar la relación entre los valores de la escala de grises y las unidades Hounsfield (HU), En sus resultados observaron que hubo una fuerte correlación entre los valores de grises de CBCT y las HU (MSCT) y concluyeron que los valores de gris CBCT pueden usarse para inferir densidad ósea ⁽²⁴⁾. Naitoh y cols. (2009), muestran que los valores de voxel del hueso esponjoso mandibular en la CBCT podrían usarse para estimar la densidad ósea ⁽¹⁴⁾. Fuster- Torres y cols. (2011) A partir de sus resultados concluyen que las mediciones de la densidad ósea utilizando CBCT preoperatorio pueden ser útiles como una herramienta de diagnóstico objetivo ⁽²¹⁾. Gonzales – García y col. (2013), muestran que la estimación preoperatoria de los valores de densidad por CBCT es una herramienta confiable para determinar objetivamente la densidad ósea ⁽²⁹⁾.

Finalmente, si bien es cierto que la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT), no muestra valores medidos en verdaderas unidades Hounsfield, hay estudios que dan a conocer que los valores de densidad

obtenidos mediante CBCT, son definidos como unidades Hounsfield (HU), Mah y cols. (2010), en un estudio in vitro que realizaron buscaron determinar la relación entre los niveles de grises en la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) y las unidades de Hounsfield (HU) en los escáneres CBCT, ellos determinan que las HU se pueden derivar de los niveles de gris de escáneres CBCT utilizando coeficientes de atenuación lineal ⁽¹⁸⁾. En otro estudio realizado por Fuster-Torres y cols. (2011), la densidad ósea obtenida por CBCT lo expresan en valores de densidad (HU), porque los valores de densidad obtenidos por el dispositivo CBCT fueron confirmados para corresponderse razonablemente con los estimados usando tomografía helicoidal. Sin embargo, ellos sugieren que debe observarse que los valores de densidad obtenidos por CBCT sean calibrados y realizado estudios confirmatorios ⁽²¹⁾.

Partiendo de lo mencionado en párrafos anteriores, para fines de este estudio, la cuantificación de la densidad ósea mediante imágenes obtenidas por Tomografía Computarizada Cone Beam, se registrará en unidades Hounsfield (HU).

4. Clasificación Tomográfica de la densidad ósea según Misch.

Cada imagen de la tomografía computarizada produce imágenes de la anatomía del paciente, y cada una de estas tiene 260 píxeles, cada píxel posee un número de unidades Hounsfield (HU) relacionado con la

densidad de los tejidos en pixel. En general cuanto más alto sea la unidad Hounsfield más denso será el tejido ⁽⁴³⁾.

La densidad ósea según la clasificación de Misch puede evaluarse con imágenes obtenidas con la tomografía computarizada mediante la correlación con un rango de Unidades Hounsfield (HU) ⁽⁴³⁾. (Ver fig. 13)

D1:	>1.250 unidades Hounsfield.
D2:	850 a 1.250 unidades Hounsfield.
D3:	350 a 850 unidades Hounsfield.
D4:	150 a 350 unidades Hounsfield.
D5:	<150 unidades Hounsfield.

Fig. 13: Determinación de la densidad ósea mediante la tomografía computarizada (Tomado de: Misch. CE. 2008).⁽⁴³⁾

iv. Resonancia magnética

La resonancia magnética nuclear (RMN), es un sistema creado para producir imágenes muy detalladas de los órganos y tejidos que componen el cuerpo humano. Este sistema hace uso de una fuente de energía muy baja, que se encuentra en el campo de las frecuencias de radio.

El dispositivo (resonador magnético) como tal hace uso de un campo magnético, creado por un imán, y ondas de radiofrecuencia, procedentes de la estimulación de los núcleos de los átomos de hidrógeno presentes en el agua y las grasas del cuerpo sometido a la acción del campo

magnético, (ver figura 14). Tal es así que la energía (ondas electromagnéticas) que emite cada protón es capturada y procesada por una computadora y a la vez esta las transforma a imágenes de alta calidad (78).

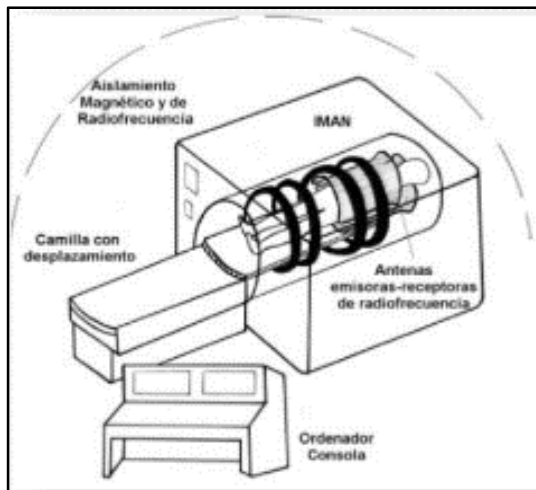


Fig. 14: Representación del principio de funcionamiento de la formación de imágenes por un Resonador Magnético (Tomado de: Documento on line del Instituto Químico Biológico).⁽⁷⁸⁾

Las imágenes obtenidas mediante la resonancia magnética son en mayoría de los tejidos blandos que de los tejidos duros. En el campo médico – odontológico es de gran utilidad por lo que permite la visualización de músculos, ligamentos y disco articular que forman parte de la articulación temporomandibular. Sin embargo, la resonancia magnética presenta un gran deficiencia en cuanto al diagnóstico de patologías óseas por lo que el hueso no tiene señal de resonancia, creando

así falsos positivos con estructuras como el aire o el tejido cicatricial, que tampoco tienen señal de resonancia ⁽²⁵⁾.

A pesar de ello, investigaciones demuestran su fiabilidad en el campo odontológico. Gray y cols. (2003) En un estudio de revisión que ellos realizaron acerca de la resonancia magnética en el campo de la odontología afirman que puede este sistema imagenológico ser útil y fiable en la valoración de la cantidad de hueso en el diagnóstico preimplantológico, pese a los artefactos que se pueden encontrar en la cavidad oral y aunque las mediciones obtenidas no son exactas en comparación con la tomografía computarizada ⁽⁷⁹⁾.

Aguilar y cols. (2008) realizaron un estudio clínico, donde midieron la altura ósea de áreas mandibulares con resonancia magnética y tomografía computarizada, y luego estas mediciones las compararon, cuyos resultados obtenidos no encontraron diferencias significativas por lo que concluyen la resonancia magnética es fiable para valorar la cantidad de hueso ⁽⁸⁰⁾.

v. Ultrasonografía cuantitativa

La ultrasonografía es una técnica densitométrica que hace uso de una fuente de energía no ionizante, que son ondas con una frecuencia elevada y se propagan sólo por un medio sólido o líquido.

La atenuación de los ultrasonidos de banda ancha (BUA) a través del hueso, es usado para determinar la densidad y la estructura ósea. Algunos

aparatos pueden medir la velocidad del sonido (VS) y ofrecen un índice que es la combinación de BUA y de VS, índice ecográfico cuantitativo (QUI) que nos aporta datos cuantitativos y evalúa aspectos cualitativos como la elasticidad, la estructura y la geometría del hueso ⁽⁴⁾. El lugar de medición mediante esta técnica es en habitual el hueso calcáneo, pero en ciertos casos también se realizan a nivel de la rótula, tibia y falanges.

Esta técnica se considera un método densitométrico fiable para la evaluación de la masa ósea corporal, comparándose así con mediciones realizados mediante absorciometría de energía dual de rayos X, a pesar de ello los valores obtenidos mediante este dispositivo aún son cuestionables por los criterios que establece la OMS para el diagnóstico de osteoporosis ⁽⁸¹⁾.

Sosa y cols. (2003). Realizaron un estudio en la cual determinaron la prevalencia de osteoporosis en España, valiéndose del uso de la ultrasonografía de calcáneo como método diagnóstico ⁽⁸¹⁾.

Klein y cols. (2008). Realizaron un estudio en la cual midieron la velocidad de transmisión de ultrasonido (UTV) en crestas alveolares de mandíbulas y maxilares de pacientes parcial o totalmente desdentados para evaluar su densidad ósea ⁽⁸²⁾.

3.2.4.4 Densidad ósea y Osteointegración

La calidad ósea depende de la posición en la arcada, tal es así que la zona de mayor densidad es la región anterior mandibular seguida de la región anterior maxilar y en

último la zona posterior de la mandíbula, en contraparte la zona menos densa es la región posterior de la maxila ⁽⁴³⁾. La calidad y densidad ósea es uno de los factores que tiene gran influencia en la osteointegración y el éxito de los implantes.

La osteointegración está determinada por el proceso una curación, regeneración o cicatrización ósea peri-implantaria, que se realiza tras la lesión de la preparación quirúrgica del lecho del implante. Este proceso curativo sigue su proceso como cualquier tipo de cicatrización pero que incluye factores relacionados entre el hueso e implante y las cargas biomecánicas que se le pueden dar ⁽²⁵⁾.

Estudios demuestran la influencia de la densidad en el éxito implantario, tal es así que; Smedberg y cols (1993), en su estudio notaron el fracaso del 36% de los implantes colocados en un hueso de densidad baja ⁽⁸³⁾.

Song y cols. (2009), demostraron que la calidad ósea intervenía favorablemente en la estabilidad primaria del implante ⁽¹³⁾.

Por otra parte, la densidad ósea está directamente relacionada con la resistencia del hueso ante la perforación ⁽⁴³⁾.

La densidad inicial no solo aporta inmovilización mecánica del implante (estabilidad primaria) durante la etapa de cicatrización, sino también permite la distribución y transmisión del estrés desde la prótesis a la interfase hueso – implante. Los espacios medulares amplios o el tejido fibroso desorganizado no permiten una disipación controlada de las fuerzas. Misch observó que la densidad ósea influye en la cantidad

de hueso en contacto con la superficie del implante tanto en la primera y segunda fase quirúrgica y en la carga protésica ⁽⁴³⁾.

Además de la densidad ósea otros factores también influyen en el éxito implantológico y proceso de osteointegración como por ejemplo la cantidad de hueso disponible, la vascularización, las cargas biomecánicas (número de implantes, longitud, diámetro, posición y dirección, fuerzas masticatorias), la ausencia de infecciones bucales, el protocolo quirúrgico, el diseño del implante (superficie, morfología, composición, tipo) ⁽²⁵⁾. Tal es así, que el protocolo quirúrgico a seguir se basa en que cada densidad ósea presenta una resistencia diferente a la perforación; y la densidad ósea modifica el plan de tratamiento en varios sentidos: factores protésicos, tamaño del implante, diseño del implante, superficie del implante, número del implante y la necesidad o tipo de carga del implante ⁽⁴³⁾.

3.3 Definición de términos

- **Densidad ósea:** Se define como la concentración media de mineral por unidad de área ⁽⁴⁾, existente en el tejido óseo.
- **Tomografía computarizada:** Es una técnica de imagen digital que crea secciones tomográficas tridimensionales, en las que la capa tomográfica no está contaminada por estructuras borrosas de la anatomía adyacente ^(4,69).
- **Escala de Hounsfield:** se determina según la discriminación de los grados de atenuación de los rayos X al atravesar el hueso ⁽²⁵⁾.

3.4 Hipótesis

1. La densidad ósea promedio que se encuentra en la zona posterior mandibular es de 827.96 ± 206.85 HU
2. Las personas adultas presentan mayor densidad ósea y grosor de la cortical en comparación a los jóvenes. Así mismo la densidad ósea y el grosor de la cortical es mayor en los varones que en las mujeres.

3.5 Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
VARIABLES	CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADORES	ESCALA	VALOR
- Densidad ósea	Cada pixel contiene una cantidad determinada de volumen voxel que está en relación con la densidad de los tejidos.	Densidad	Razón	Unidades Hounsfield (HU)*
- Espesor de la cortical ósea	Dimensión de la capa de tejido óseo compacto	Espesor de cortical orientacion transaxial	Razón	mm
- Género	Característica fisiológica y anatómica por la cual se caracteriza una mujer y un varón	sexo	Nominal	Femenino Masculino

Cuadro N° 1. Operacionalización de variables

HU*: unidades Hounsfield equivalentes

4. METODOLOGÍA

4.1 Tipo de investigación

Es un estudio observacional, descriptivo, transversal y retrospectivo.

4.2 Población y muestra

4.2.1 Población

La población estuvo constituida por estudios tomográficos (Tomografía Computarizada Cone Beam) de pacientes que acudieron a la clínica de la Facultad de Odontología (FO) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), comprendidos entre los 40 a 65 años de edad.

4.2.2 Método muestral

No probabilístico

4.2.3 Tamaño muestral

El número de muestras constó de 62 estudios tomográficos, seleccionados siguiendo los criterios de inclusión y exclusión

4.2.4 Selección de la muestra

4.2.4.1 Criterios de inclusión

- Estudios tomográficos de pacientes que acuden a la clínica de la Facultad de Odontología de la UNMSM.
- Estudios tomográficos de pacientes comprendidos entre los 40 a 60 años de edad, entre mujeres y hombres.

- Estudios tomográficos de pacientes con rebordes edéntulos en la región postero-inferior, izquierda o derecha.
- Estudios tomográficos de pacientes cuya condición edéntula en la región postero-inferior no sea mayor a 5 años. Diagnóstico obtenido del historial clínico del paciente.

4.2.4.2 Criterios de exclusión

- Estudios tomográficos de pacientes con enfermedad sistémica que condicionan osteopenias (osteoporosis, diabetes). Diagnósticos obtenidos del historial clínico del paciente.
- Estudios tomográficos de pacientes que presentan periodontitis crónica o agresiva. Diagnósticos obtenidos del historial clínico del paciente.
- Estudios tomográficos que presentan defectos y/o artefactos en la región postero – inferior que imposibilitan su lectura
- Estudios tomográficos de pacientes con lesiones en tejido óseo (Tumores, quistes y osteomielitis) de la región a postero-inferior.
- Estudios tomográficos de pacientes con condición edéntula, de la región postero-inferior, menores a 6 meses. Diagnóstico obtenido del historial clínico del paciente.

4.3 Recolección de datos

Para la realización de la recolección de datos se siguieron las siguientes fases:

1° Recolección y/o recepción de las de los estudios tomográficos (grabación digital), obtenidos mediante Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT).

2° Recopilación de los datos: se recabaron datos de filiación, teniéndose en cuenta básicamente: género y edad. Todo ello fue anotado en la ficha de recolección de datos.

3° Recopilado toda la información pertinente: se procedió a la inclusión y exclusión de las muestras

4° Con los datos de filiación obtenidos de los pacientes, éstos fueron ubicados en grupos de género: masculino y femenino.

* Se realizó la capacitación y calibración, en ello se observó la concordancia de los datos entre el examinador y el experto, a través del Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI), desarrollado en la prueba piloto.

5° Se procedió a explorar las densidades óseas en la escala que nos brinda la tomografía computarizada, haciendo uso de:

- Computador personal con procesador Intel Core i3 de 4° generación de 4Gb de RAM
- Software Real Scan 2.0
- Unidad de lectora de CD - ROM

** TODO EL PROCEDIMIENTO REALIZADO EN EL COMPUTADOR FUE EN UN AMBIENTE OSCURO (POCA ILUMINACIÓN), CERRADO, PARA ASI EVITAR PERTURBACIONES VISUALES AL MOMENTO DE LA LECTURA TOMOGRÁFICA.*

Para la exploración de las densidades óseas se realizó lo siguiente, en el estudio tomográfico, a través del software Real Scan 2.0:

1. Se ubicó el reborde edéntulo existente de la zona postero-inferior (región posterior de la mandíbula)

Cabe resaltar que el segmento del proceso alveolar mesial al primer premolar es considerado zona anterior, mientras que la zona distal e incluyendo el primer premolar se considera zona posterior ⁽⁷⁾.

2. Por ende la zona específica a medir fue la siguiente, (ver fig.15):
 - La zona que comprende a la primera molar inferior derecha, sino existía esta zona edéntula se midió el lado izquierdo.
 - En el caso que no existía una zona edéntula a nivel de las primeras molares inferiores, se tomó como zona de medición el área que comprende a la segunda molar derecha y en su defecto el lado izquierdo.

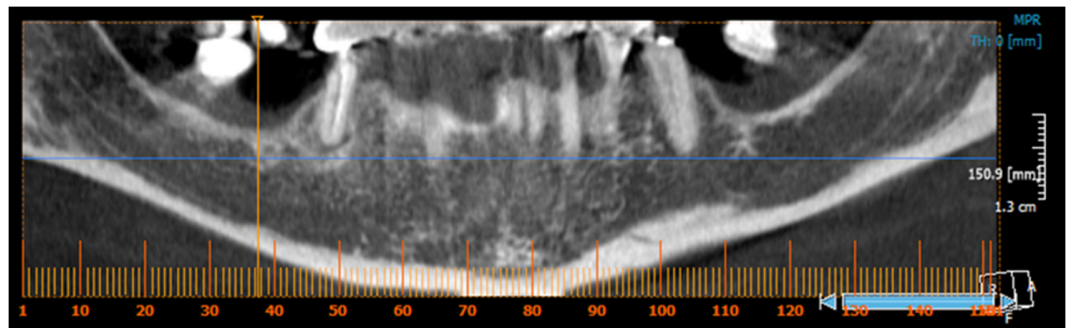


Fig. 15: Representación de un corte coronal tomográfico, ubicación de la zona posterior, que comprende la primera molar inferior derecha. (Fuente: elaboración propia)

3. Una vez ubicada la zona de medición, se realizaron cortes de ésta, con un intervalo de 1 mm y grosor de 1 mm, entre ellas; corte transaxial, (ver fig. 16).

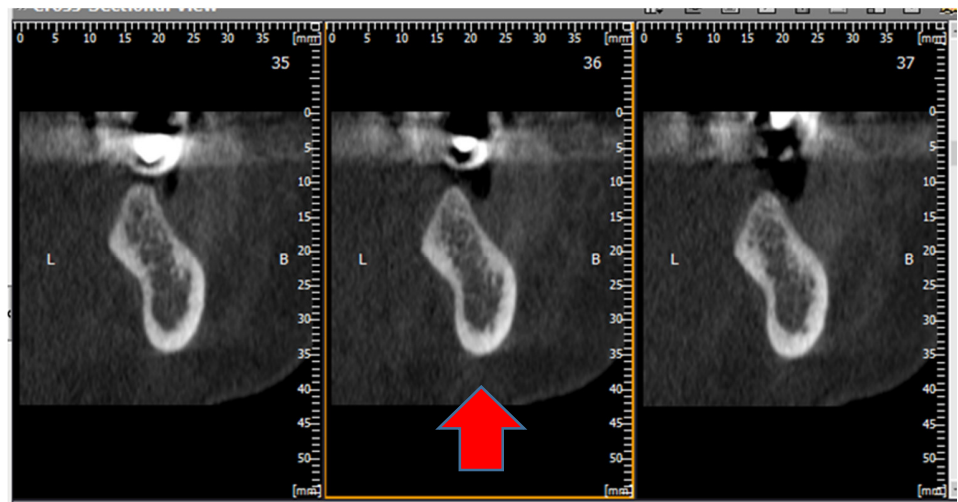


Fig. 16: Representación de un corte transaxial tomográfico (Fuente: elaboración propia)

4. En el corte transaxial realizado se hizo lo siguiente:

- Primero: se midió la altura del reborde edéntulo, (X). Distancia (línea) vertical desde el punto más superior del reborde hasta el borde superior del agujero dentario inferior. Ésta estuvo en la dirección óptima para la colocación de un implante dental, (ver fig.17).

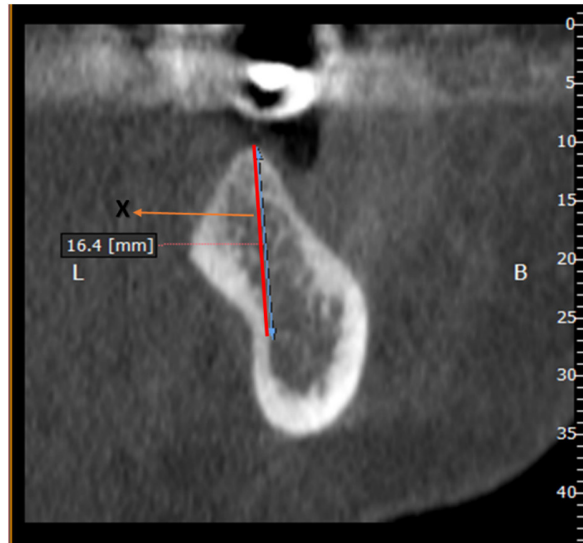


Fig. 17: Representación de un corte transaxial tomográfico y trazado de una línea vertical (X) desde el punto más superior del reborde hasta el borde superior del agujero dentario inferior. (Fuente: elaboración propia)

- Segundo: En el corte transaxial, se marcó un área de dimensión de 2 x 10 mm, desde la parte más superior del reborde hacia apical de la misma y se ubicó en una posición (dirección) óptima para la colocación de un implante dental 1 mm a cada lado de la línea vertical trazada (X). Este procedimiento se realizó mediante la opción de “insert implant”, que se muestra en el software Real Scan 2.0. (ver fig. 18).

* Se tuvo presente que el área marcada no debió de sobresalir la parte ósea, ni ser ocupada por otras estructuras, si fuera el caso se ajustó la dimensión de esta área. Si la altura medida (X) fue menor a 10 mm, la nueva dimensión del área de medición fue 2 x (X-2) mm, esto es 2 mm antes del agujero dentario.

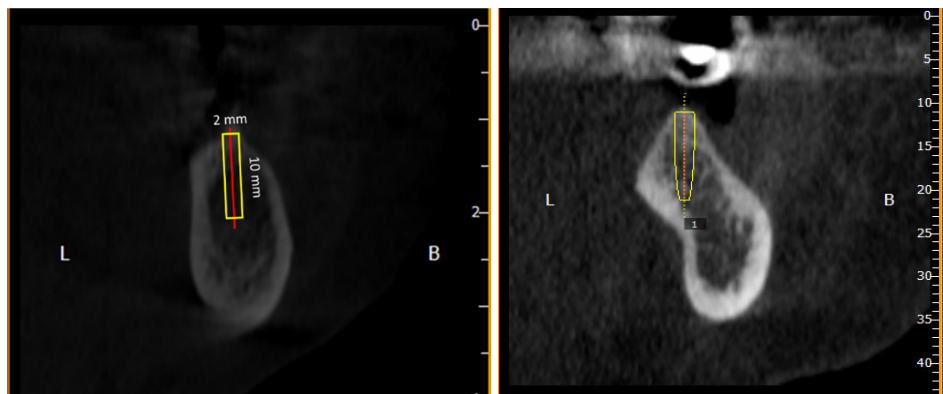


Fig. 18: Izq. Representación de un corte transaxial tomográfico y del área de dimensión de 2 x 10 mm, desde la parte más superior del reborde hacia apical de la misma. Der. Representación del área demarcada mediante la opción “implant insert” del Software Real Scan 2.0 en el corte transaxial tomográfico (Fuente: elaboración propia)

5. En el área demarcada se cuantificó la densidad, mediante la opción “Show Bone Density” (ver fig. 19). Al cuantificar esta área el Software Real Scan 2.0, arrojó dos mediciones de la densidad (inside y outside) con sus respectivas desviaciones estándar, (ver fig. 20). Las unidades en las que se midió la densidad ósea fueron en unidades Hounsfield equivalentes (HU*) Ambas mediciones fueron registradas en la ficha de recolección de datos, luego se sacó un promedio de ambas mediciones, con el cuál se trabajó finalmente.

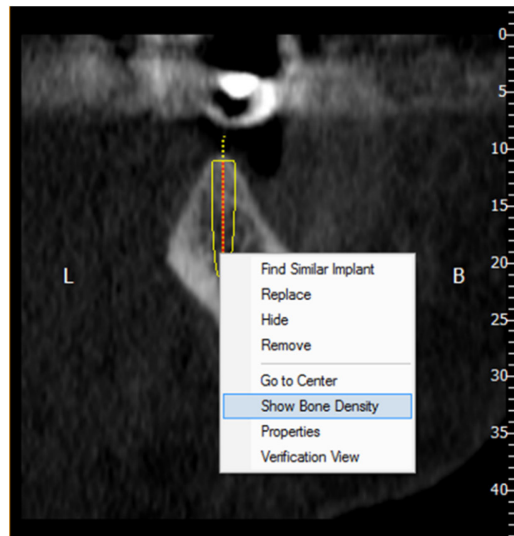


Fig. 19: Representación de la opción “Show Bone Density” del Software Real Scan 2.0 (Fuente: elaboración propia)

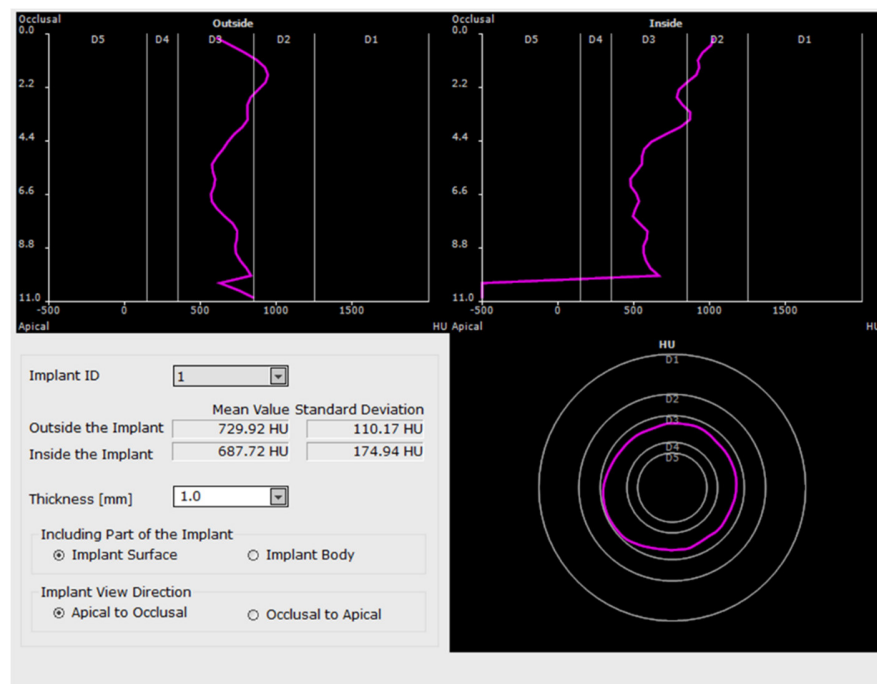


Fig. 20: Representación de la cuantificación de la densidad ósea mediante el software Real Scan 2.0 (Fuente: elaboración propia)

Para la medición del espesor de la cortical ósea se realizó lo siguiente en la imagen tomográfica.

- En el mismo corte anteriormente realizado se procedió a medir el espesor de la cortical desde el punto más superior (cima) del reborde edéntulo, en mm. (ver fig. 21)



Fig. 21: Representación de la medición del espesor de la cortical ósea (Fuente: elaboración propia)

6° Luego de haber obtenido los valores densitométricos, el promedio obtenido de las densidades fueron anotados en los cuadros de análisis de datos

8° Finalmente las densidades óseas (promedio obtenidos), y el espesor de la cortical ósea, fueron sometidos a los análisis estadísticos.

4.4 Procesamiento de datos

Todos los datos recolectados y registrados en las fichas de recolección de datos diseñados para este estudio, fueron sometidos a un estudio estadístico utilizando el programa SPSS versión 19.

4.5 Análisis de resultados

Los resultados fueron analizados estadísticamente:

- Para variables cuantitativas se realizó análisis descriptivos mediante medidas de tendencia central y dispersión, y gráficos.
- Para variables cualitativas se realizó análisis descriptivos mediante tablas y gráficos de frecuencia y porcentaje.

También se calculó parámetros estadísticos tales como: la media, la moda, desviación estándar, los mínimos y los máximos.

Para realizar el análisis entre variables, se usó pruebas estadísticas inferenciales:

- La prueba estadística utilizada fue determinada en función a la distribución que presentaron los datos. Todo ello a un nivel de significancia al 5%.
 - Prueba estadística de distribución: Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov
 - Prueba de correlación entre variables: Coeficiente de correlación de Rho de Spearman

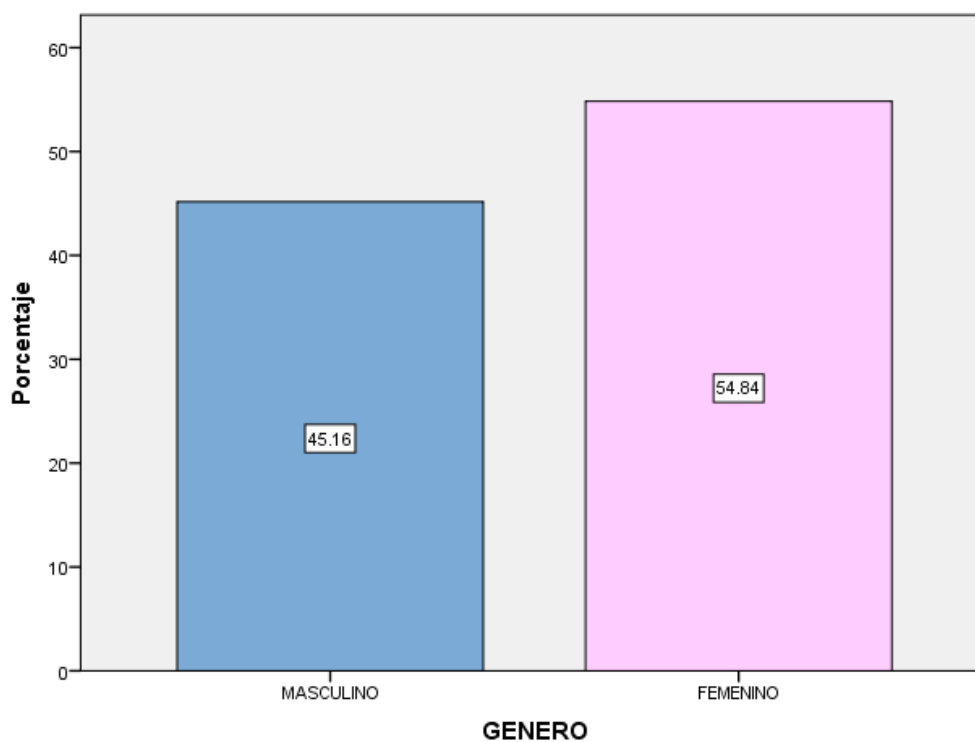
5. RESULTADOS

El presente estudio evaluó un total de 62 tomografías de pacientes que acudieron a la clínica de la Facultad de Odontología de la UNMSM, de los cuales 28 pertenecieron al género masculino (45.2%), y 34 al género femenino (54.8%). (Tabla N° 1 y Gráfico N° 1).

Tabla N° 1. Distribución de los pacientes que conformaron la muestra para cada género.

	Frecuencia	Porcentaje %
MASCULINO	28	45.2
FEMENINO	34	54.8
Total	62	100.0

Gráfico N° 1. Distribución de los pacientes que conformaron la muestra para cada género.

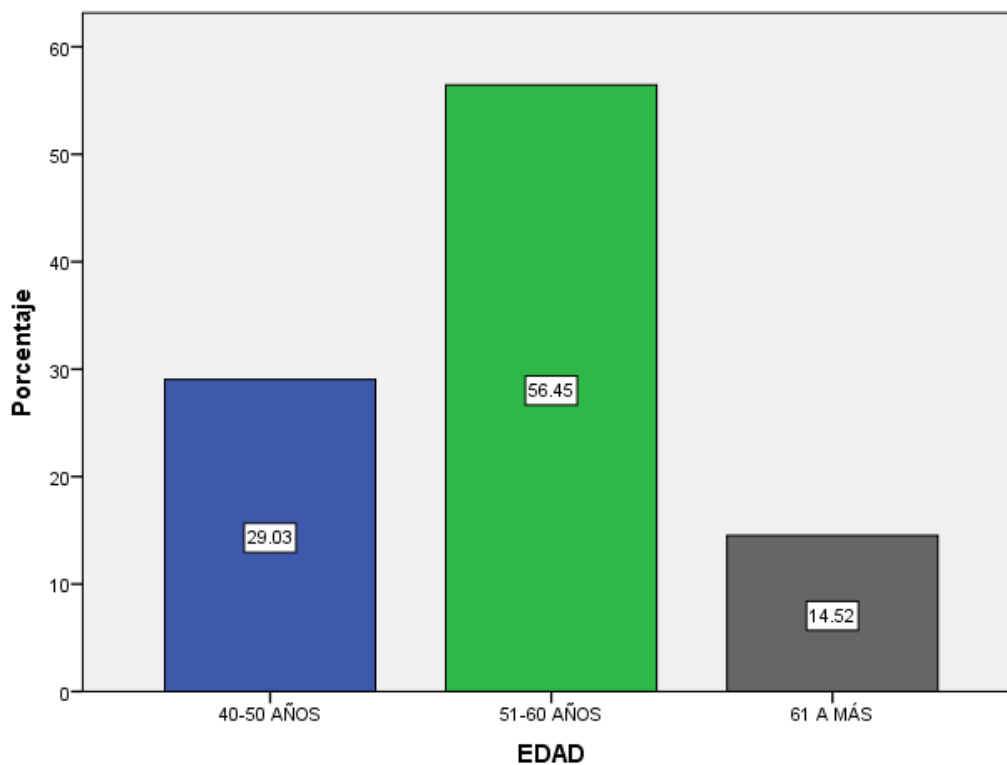


En cuanto a la edad, el mayor grupo se encontró en el grupo etáreo de 51-60 años con 35 pacientes (56.5%) seguido del grupo de 40 – 50 años con 18 pacientes (29.0%), con un promedio de edad de 55.4 años (Tabla N°2 y Gráfico N° 2).

Tabla N°2. Distribución de los pacientes que conformaron la muestra por grupo etáreo.

	Frecuencia	Porcentaje %
40-50 AÑOS	18	29.0
51-60 AÑOS	35	56.5
61 A MÁS	9	14.5
Total	62	100.0

Gráfico N°2. Distribución de los pacientes que conformaron la muestra por grupo etáreo.



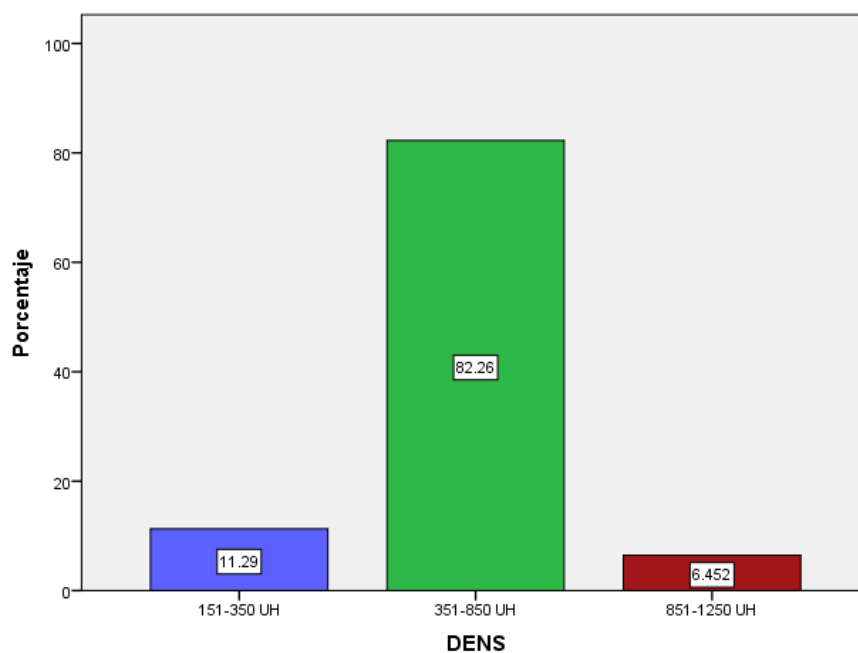
Con respecto a la densidad ósea, el mayor grupo se encontró en el rango de 351-850 HU con 51 pacientes (82.3%) seguido del rango 151-350 HU con 7 pacientes (11.3%) (Tabla N°3 y Gráfico N° 3).

Tabla N°3. Distribución de los pacientes que conformaron la muestra por densidad ósea (HU).

	Frecuencia	Porcentaje %
151-350 HU	7	11.3
351-850 HU	51	82.3
851-1250 HU	4	6.5
Total	62	100.0

**rangos de densidad ósea, según la clasificación de Misch ⁽⁴³⁾*

Gráfico N°3. Distribución de los pacientes que conformaron la muestra por densidad ósea (HU).

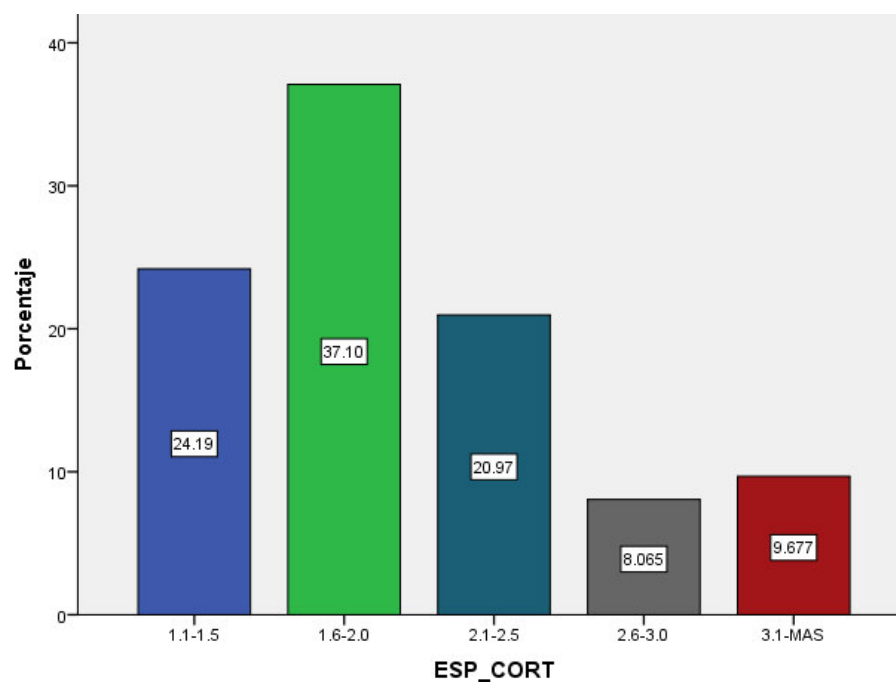


En cuanto al espesor de la cortical, el mayor grupo se encontró en el rango de 1.6-2.0 mm con 23 pacientes (37.1%) seguido del rango 1.1-1.5 mm con 15 pacientes (24.2%) (Tabla N°4 y Gráfico N° 4).

Tabla N°4. Distribución de los pacientes que conformaron la muestra por espesor de la cortical (mm)

		Frecuencia	Porcentaje %
ESPESOR DE LA CORTICAL	1.1-1.5 mm	15	24.2
	1.6-2.0 mm	23	37.1
	2.1-2.5 mm	13	21.0
	2.6-3.0 mm	5	8.1
	3.1-MÁS mm	6	9.7
	Total	62	100.0

Gráfico N°4. Distribución de los pacientes que conformaron la muestra por espesor de la cortical (mm)



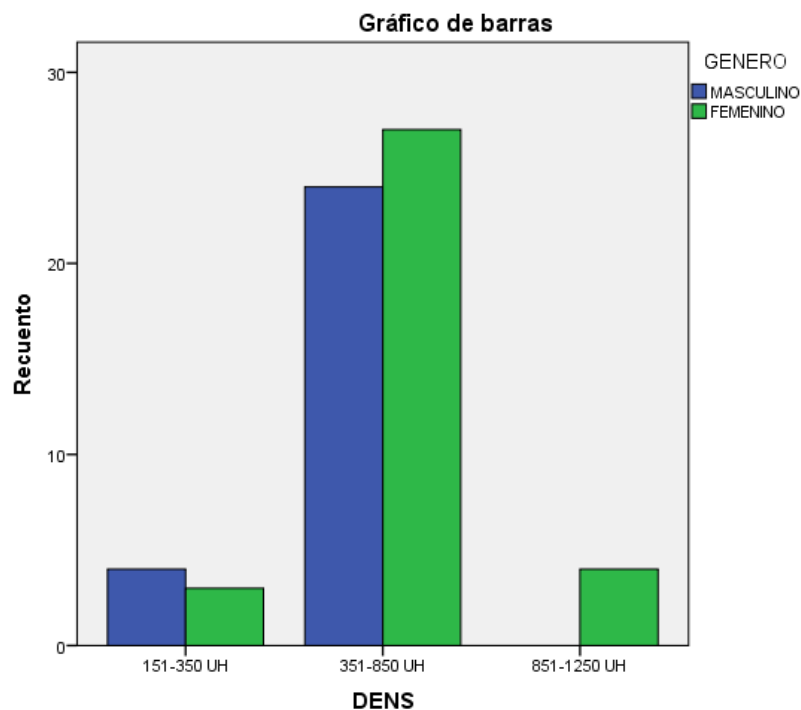
Del análisis bivariado se mencionan los siguientes resultados:

Del total de pacientes del género masculino, 24 presentaron densidad ósea en el rango de 351-850 HU, seguido de 4 pacientes que presentaron el rango de 151-350 HU; en el género femenino 27 pacientes presentaron densidad ósea en el rango de 351-850 HU, seguido de 4 pacientes que presentaron el rango de 851-1250 HU. (Tabla N°5 y Gráfico N° 6).

Tabla N°5. Distribución de la densidad ósea (HU) según género

		GÉNERO		Total
		MASCULINO	FEMENINO	
DENSIDAD ÓSEA	151-350 HU	4 6.5%	3 4.8%	7 11.3%
	351-850 HU	24 38.7%	27 43.5%	51 82.3%
	851-1250 HU	0 0.0%	4 6.5%	4 6.5%
	Total	28 45.2%	34 54.8%	62 100.0%

Gráfico N°5. Distribución de la densidad ósea (HU) según género



Del total de pacientes del género masculino, 11 presentaron espesor de la cortical en el rango de 1.6-2.0 mm, seguido de 7 pacientes que presentaron el rango de 1.1-1.5 mm; en el género femenino 12 pacientes presentaron espesor de la cortical en el rango de 1.6-2.0 mm, seguido de 8 pacientes que presentaron en el rango de 1.1-1.5 mm y en el rango de 2.1-2.5 mm (Tabla N°6 y Gráfico N° 6).

Tabla N°6. Distribución del espesor de la cortical (mm) según género.

	GÉNERO		Total
	MASCULINO	FEMENINO	
ESPEJOR DE LA CORTICAL	1.1-1.5 mm	7 11.3%	8 12.9% 24.2%
	1.6-2.0 mm	11 17.7%	12 19.4% 37.1%
	2.1-2.5 mm	5 8.1%	8 12.9% 21.0%
	2.6-3.0 mm	2 3.2%	3 4.8% 8.1%
	3.1-MÁS mm	3 4.8%	3 4.8% 9.7%
Total	28 45.2%	34 54.8%	62 100.0%

Gráfico N°6. Distribución del espesor de la cortical (mm) según género

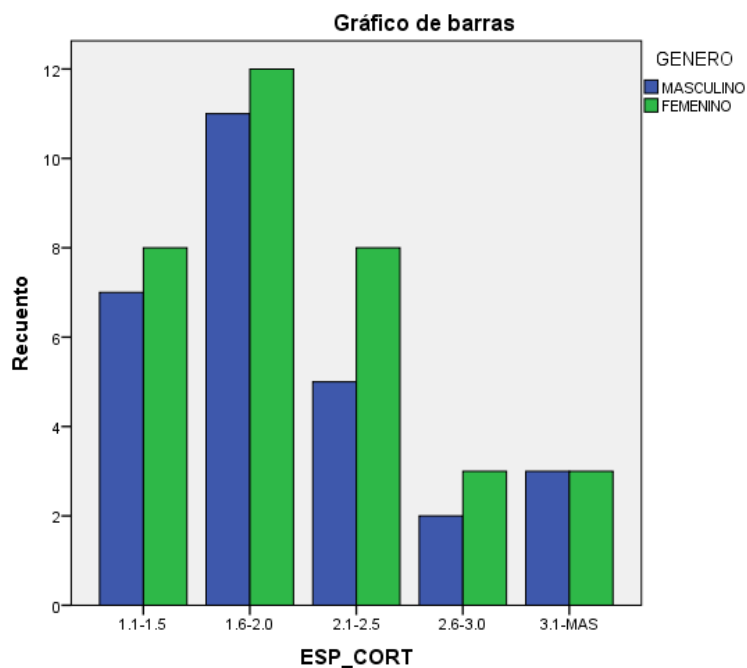


Tabla N°7. Análisis descriptivo de las variables densidad ósea y espesor de la cortical (media, intervalo de confianza, mediana, varianza, desviación estándar, mínimo y máximo)

			Estadístico
DENSIDAD OSEA	Media		570.6892
	Intervalo de confianza para la media	Límite inferior	526.5460
	al 95%	Límite superior	614.8324
	Mediana		567.7800
	Varianza		30215.042
	Desv. Estándar		173.82474
	Mínimo		219.61
	Máximo		951.23
	Rango		731.62
ESPESOR DE LA CORTICAL	Media		2.021
	Intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1.857
	al 95%	Límite superior	2.185
	Mediana		1.800
	Varianza		0.416
	Desv. Estándar.		0.6448
	Mínimo		1.1
	Máximo		3.8
	Rango		2.7

Entre los valores de la tabla N° 7 se observa que la media de la densidad ósea en la muestra estudiada fue de 570.68 HU, la media del espesor de la cortical es 2.02 mm; ambos a un intervalo de confianza del 95%.

Prueba de normalidad

Se utilizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov debido a que el tamaño de la muestra es grande (62 pacientes), esto se realizó para saber qué tipo de prueba estadística utilizar y analizar la relación de las variables, ya sea paramétrica o no paramétrica.

Se plantearon las siguientes hipótesis:

Ho: Los datos de las variables presentan distribución normal

H1: Los datos de las variables no presentan distribución normal

Nivel de significancia: 0.05

Si $p < 0.05$ se rechaza la hipótesis nula

Tabla N°8. Prueba de normalidad de las variables densidad ósea y espesor de la cortical

	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	Gl	Sig.
DENSIDAD ÓSEA	.065	62	.200*
ESPESOR DE LA CORTICAL	.155	62	.001

Decisión: como $p < 0.05$ se rechaza la hipótesis nula

Conclusión: Una de las variables NO presenta distribución normal

Por tanto se usaron pruebas no paramétricas

Tabla N° 9. Coeficiente de correlación de Rho de Spearman de las variables densidad ósea y el género de pacientes que acudieron a la clínica de la Facultad de Odontología de la UNMSM.

Correlaciones				
Rho de Spearman	DENSIDAD ÓSEA		DENSIDAD OSEA	GÉNERO
		Coeficiente de correlación	1.000	.174
		Sig. (bilateral)	.	.177
		N	62	62
	GÉNERO	Coeficiente de correlación	.174	1.000
		Sig. (bilateral)	.177	.
		N	62	62

Como se puede observar en la Tabla N°9 el coeficiente de correlación de Rho de Spearman, tomando como criterio de aceptación correlaciones con significancia al $p < 0.05$, nos indica que existe una correlación muy débil y no significativa entre densidad ósea y género ($r = 0,174$, $p = 0,177$).

Tabla N°10. Coeficiente de correlación de Rho de Spearman de las variables espesor de la cortical y el género de pacientes que acudieron a la clínica de la Facultad de Odontología de la UNMSM.

Correlaciones				
Rho de Spearman	ESPESOR DE LA CORTICAL		ESPESOR CORTICAL	GÉNERO
		Coeficiente de correlación	1.000	.033
		Sig. (bilateral)	.	.799
		N	62	62
	GÉNERO	Coeficiente de correlación	.033	1.000
		Sig. (bilateral)	.799	.
		N	62	62

Como se puede observar en la Tabla N° 10 el coeficiente de correlación de Rho de Spearman, tomando como criterio de aceptación correlaciones con significancia al $p < 0.05$, nos indica que existe una correlación muy débil y no significativa entre espesor de la cortical y género

($r = 0,033$, $p = 0,799$).

Tabla N°11. Coeficiente de correlación de Rho de Spearman de las variables densidad ósea y espesor de la cortical de pacientes que acudieron a la clínica de la Facultad de Odontología de la UNMSM.

Correlaciones				
Rho de Spearman	DENSIDAD ÓSEA		DENSIDAD ÓSEA	ESPESOR DE LA CORTICAL
		Coeficiente de correlación	1.000	0.424
		Sig. (bilateral)	.	0.001
		N	62	62
	ESPESOR DE LA CORTICAL			
		Coeficiente de correlación	0.424	1.000
		Sig. (bilateral)	0.001	.
		N	62	62

Como se puede observar en la Tabla N° 11 el coeficiente de correlación de Rho de Spearman, tomando como criterio de aceptación correlaciones con significancia al $p < 0.05$, nos indica que existe una correlación moderada y significativa entre densidad ósea y espesor de la cortical ($r = 0,424$, $p = 0,001$).

6. DISCUSIÓN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo realizar la evaluación tomográfica de la densidad ósea y espesor de la cortical de rebordes edéntulos de la región postero-inferior, según género, de pacientes que acudieron a la clínica de la Facultad de Odontología de la UNMSM.

De esta forma los resultados obtenidos parten desde la problemática de; qué densidad ósea y qué espesor de la cortical se encuentran en la zonas edéntulas postero-inferiores de pacientes que acuden a la clínica de la Facultad de Odontología de la UNMSM. Por lo, que saber el grado de densidad ósea y espesor de la cortical en rebordes edéntulos de pacientes candidatos a implantes dentales y si éstos se ven influenciados por el género, sería útil tanto en la planificación preimplantológica como en la fase quirúrgica. Tal es así que TURKYILMAZ y cols. (2008), realizaron un estudio clínico en la cual tuvieron como propósito determinar las variaciones de la densidad ósea de zonas receptoras de implantes dentales, haciendo uso de la Tomografía Computarizada Espiral Multicorte (MSCT), donde concluyen que la tomografía computarizada preoperatoria puede ser un método útil para la determinación de la densidad ósea de zonas receptoras antes de la colocación del implante dental, y que la información acerca de la calidad del hueso ayuda a realizar una mejor planificación de tratamiento con respecto a la posición del implante ⁽¹⁰⁾.

La metodología que se usó en este estudio para determinar cuantitativamente la densidad ósea de rebordes edéntulos, fue la valoración de la densidad haciendo uso de estudios tomográficos obtenidos a través de un Tomógrafo Computarizado Cone Beam (CBCT) y mediante el software Real Scan 2.0. Resulta controversial el uso de este tipo de tomógrafo en la valoración de la densidad ósea, por lo que diversos estudios señalan que nos da una cuantificación, de la densidad, mayor a la obtenida mediante el uso del tomógrafo espiral

multicorte (MSCT), tal es así que NACKAERTS y cols. (2011), realizaron un estudio con el propósito de evaluar la fiabilidad de las evaluaciones de densidad ósea utilizando imágenes de CBCT en comparación con las unidades Hounsfield (HU) de MSCT; a partir de ello concluyeron que el uso de valores de intensidad en las imágenes CBCT no es confiable, ya que los valores están influenciados por el dispositivo, los parámetros de imagen y el posicionamiento ⁽¹⁹⁾. En contraparte, GUPTA y ALI (2013), realizaron un estudio en la cual realizaron un análisis acerca del uso de la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) en la región oral y maxilofacial y ellos mencionan que la CBCT es una opción ideal, que permite la evaluación de la densidad y calidad del hueso; sin embargo, todavía consideran a la tomografía espiral multicorte (MSCT) una mejor opción para el análisis de la densidad ósea utilizando la unidad de Hounsfield (HU) ⁽²⁷⁾. También ARISAN y Cols. (2013), realizaron un estudio donde tuvieron como objetivo analizar la relación entre los valores de la densidad de grises basados en la tomografía computarizada multicorte (MSCT) y los valores de la densidad de grises en la tomografía computarizada cone beam (CBCT), ellos concluyen que los valores de grises obtenidos por CBCT (valores voxel, VV), son similares a los valores de grises de MSCT (HU), y podrían ser predictivos para determinar la calidad ósea subjetiva ⁽²⁸⁾. Valiyaparambil y cols (2012), tuvieron como objetivo examinar la relación entre los valores de la escala de grises y las unidades Hounsfield (HU), y concluyeron que los valores de gris de CBCT pueden usarse para determinar la densidad ósea ⁽²⁴⁾. Naitoh y cols. (2009), muestran que los valores de voxel del hueso esponjoso mandibular en la CBCT podrían usarse para estimar la densidad ósea ⁽¹⁴⁾. Y en otro estudio realizado por Fuster-Torres y cols. (2011), la densidad ósea obtenida por CBCT lo expresan en valores de densidad (HU), porque los valores de densidad obtenidos por el dispositivo CBCT fueron confirmados para corresponderse razonablemente con los estimados usando tomografía helicoidal ⁽²¹⁾. Teniendo en cuenta las evidencias científicas que muestran la fiabilidad de usar la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) para valorar la densidad, mediante

unidades Hounsfield (HU), en este estudio se decidió hacer uso de ello para determinar la densidad ósea y medir el espesor de la cortical ósea de zonas edéntulas.

La población de estudio, en este trabajo de investigación, estuvo comprendida entre las edades de 40 a 65 años, con un promedio de 55.4 años, de pacientes desdentados en la región posterior de la mandíbula; población que guarda cierta similitud con el estudio realizado por DEVLIN Y HORNER (2007), en Inglaterra, donde evaluaron la influencia de la edad y la carencia de dientes en la densidad ósea mandibular en mujeres, cuya población de estudio fueron pacientes de 43 a 79 años de edad con un promedio de 62.5 años ⁽⁸⁾.

Según el estudio realizado por SHAPURIAN y cols. (2006), en el cual evaluaron la densidad ósea de zonas edéntulas receptoras de implantes, de pacientes estadounidenses, encontraron que el valor más alto de densidad media fue de 321 +/- 132 HU para la parte posterior de la mandíbula ⁽⁷⁾, resultados que se asemejan a lo encontrado en este estudio donde el 82.3% de pacientes presentan una densidad ósea en el rango de 351-850 HU, seguido de un 11.3% de pacientes que tienen una densidad ósea en el rango 151-350 HU.

TURKYILMAZ y cols. (2008), en una población turca, determinaron las variaciones de la densidad ósea de zonas receptoras de implantes dentales en 140 pacientes y encontraron que el valor medio de densidad ósea en la región posterior de la mandíbula fue de 721 +/- 291 HU ⁽¹⁰⁾, cuyo resultado difiere con los obtenidos en este estudio, donde la densidad media obtenida fue de 570.68 +/- 173.82 HU, al igual con el estudio realizado por FUSTER-TORRES y cols. (2011), en la población española, donde determinaron la densidad ósea en zonas implantológicas mediante Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) y obtuvieron una densidad ósea media 717 ± 204 HU, en la mandíbula ⁽²¹⁾. Se puede inferir la diferencia entre los resultados encontrados debido al tipo de población estudiada, tanto

los estudios realizados por TURKYILMAZ y cols. y FUSTER-TORRES y cols. fueron en poblaciones europeas que son muy distintas en cuanto a la población del presente estudio, Latinoamérica - Perú, donde la raza, el tipo de alimentación – metabolismo óseo, etc. es muy distinta a la población turca y española. A la vez esta diferencia de los resultados puede ser por el número de muestras usadas en el estudio que solo fueron 62 pacientes versus 140 pacientes en el estudio de TURKYILMAZ y cols.

LAMIA y cols. (2014), determinaron la densidad ósea de los sitios receptores de implantes dentales utilizando la Tomografía Computarizada Multicorte (MSCT), en 72 pacientes iraquíes, en unidades Hounsfield (HU). Como resultado muestran que el sector posterior de la mandíbula presenta una densidad ósea media de 613.1 HU ⁽³¹⁾, estos resultados sí se aproximan al encontrado en este estudio, cuya densidad media fue de 570.68 +/- 173.82 HU. En el estudio realizado por LAMIA y cols. en 72 pacientes, a pesar de ser en una población de raza distinta a la población peruana, se ha observado similitud en los resultados de densidad ósea hallados en el presente estudio, cuya muestra fue de 62 pacientes. Por lo tanto; se infiere que el número de muestras estudiadas puede influenciar en los resultados.

ARISAN y cols. (2013) Realizaron un estudio donde analizaron la relación entre los valores de la densidad de grises basados en la Tomografía Computarizada Multicorte (MSCT) y los valores de la densidad de grises en la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT), para ello escanearon 18 mandíbulas edéntulas aleatoriamente, los resultados que obtuvieron son valores de densidad de grises basados en CBCT fue de $765 \pm 97,32$ VV (valores de voxel) y con MSCT fue de $668,4 \pm 110$ HU, este último valor de densidad obtenido mediante MSCT, es similar al obtenido en este estudio (570.68 +/- 173.82 HU) mediante CBCT, por lo que se infiere que la valoración de la densidad ósea mediante la Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCT) es confiable.

Por otra parte, LAMIA y cols. (2014), muestran que los hombres presentan mayor densidad ósea 340 -1082 HU (680.2 HU) que las mujeres 376 – 892 HU (581.5 HU) ⁽³¹⁾; cuyos resultados difieren con lo encontrado en este estudio, donde se obtuvo que el género masculino presentan densidades en el rango de 351-850 HU y el género femenino presentan densidades en el rango de 351-850 HU, lo que se infiere que tanto los varones como las mujeres están en el mismo rango de densidad ósea, pese a que un grupo menor de pacientes femeninos presentaron densidades en el rango de 851-1250 HU. Cabe resaltar que se aprecia que ambos géneros se encuentran en el mismo rango de densidad ósea encontrado en el estudio de LAMIA y cols. El estudio realizado por MERCHAN (2013), donde determinó que existe una correlación entre la densidad ósea y el género ⁽²⁵⁾, también guarda discordancia con lo encontrado en este estudio. Pero sí concuerdan con el estudio realizado por SHAPURIAN y cols. (2006), donde evaluaron la densidad ósea de zonas edéntulas receptoras de implantes; y no encontraron asociación entre el valor Hounsfield y el género ⁽⁷⁾, por lo que en este estudio tampoco se encontró relación entre la densidad ósea y el género ($r= 0,174$, $p=0,177$), esto se puede explicarse por lo que el metabolismo óseo sistémico no guarda relación con el metabolismo óseo oral de áreas edéntulas; tal es así que Drage y cols (2007), mencionan que la rama mandibular muestra correlación de la densidad ósea con sitios del esqueleto, más no las áreas edéntulas ⁽⁵⁷⁾.

En el estudio realizado por Ono y cols. (2013), mediante tomografías, mostraron que los espesores promedio de hueso cortical varían de 1.59 a 3.03 mm en la mandíbula y que en las mujeres se presenta un hueso cortical más delgado ⁽⁵²⁾, resultados que son similares a los encontrados en este estudio, donde la media del espesor de la cortical fue de 2.02 +/- 0.64 mm; y que el 61.3% de pacientes presentan espesor entre 1.1-2.0 mm. (37.1 % en el rango de 1.6-2.0 mm, 24.2 % en el rango de 1.1-1.5 mm) y un 21% en el rango de 2.1 – 3.0 mm; pero difiere en la premisa que el género femenino presenta una cortical más

delgada, debido a que en este estudio no se encontró relación ni diferencias estadísticamente significativas entre el espesor de la cortical y el género ($r= 0,033$, $p=0,799$). Igualmente difiere con el estudio de CASSETTA y cols. (2013), donde concluyen que el espesor del hueso cortical alveolar es mayor en los varones que en las mujeres ⁽²⁶⁾. Un estudio realizado por SCHWARTZ y cols (2003). determinaron que el grosor de la cortical en la región mandibular es menor a 1.4 mm ⁽⁸⁴⁾, resultado que guarda similitud con lo encontrado en este trabajo de investigación.

Por último en este estudio se encontró que hay una relación entre la densidad ósea y el espesor de la cortical ($r=0.424$, $p=0.001$) resultados que concuerdan con los obtenidos por MIYAMOTO y cols. (2005), donde realizaron un estudio clínico para evaluar cuantitativamente la estructura ósea por Tomografía Computarizada Espiral Multicorte y concluyen que la relación del hueso cortical y del hueso esponjoso es muy importante para la estabilidad del implante en el momento de la cirugía y la determinación de la condición del hueso es crítico para el éxito del tratamiento ⁽⁵⁾, a partir de los resultados encontrados en este estudio se considera que la valoración de la densidad ósea y el espesor de la cortical son muy importantes en el proceso implantológico, desde la etapa quirúrgica hasta la supervivencia del implante dental, por lo que la estabilidad primaria, en el momento de la instalación del implante, está influenciado por el espesor del hueso cortical. Y también se infiere a partir de esta relación entre la densidad ósea y el espesor de la cortical, que a mayor espesor de la cortical ósea el hueso va ser más denso.

A través de estudio, donde se obtuvo una densidad ósea media de 570.68 +/- 173.82 HU y que el 82.3% de pacientes presentaron una densidad ósea dentro del rango de 351-850 HU, se extrapola que la zona edéntula posterior mandibular de la población peruana estudiada, presenta un hueso Tipo D3, siguiendo la clasificación de Misch ⁽⁴³⁾.

7. CONCLUSIONES

- Se realizó la evaluación tomográfica de la densidad ósea de rebordes edéntulos de la región postero-inferior, según género, de pacientes que acudieron a la clínica de la Facultad de Odontología de la UNMSM. Encontrándose que el 82.3% de pacientes presentan una densidad ósea en el rango de 351-850 HU, con una media de 570.68 +/- 173.82 HU.
- Se realizó la evaluación tomográfica del espesor de la cortical de rebordes edéntulos de la región postero-inferior, según género, de pacientes que acudieron a la clínica de la facultad de odontología de la UNMSM. Encontrándose que el 61,3% de pacientes presentan espesor entre 1.1-2.0 mm, seguido de un 21% de pacientes entre 2.1 – 3- 0 mm; con una media de 2.02 +/- 0.64 mm.
- Se realizó la evaluación tomográfica de la densidad ósea de rebordes edéntulos según género, donde se obtuvo que tanto el género masculino y el femenino presentan densidades en el rango de 351-850 HU, en mayor porcentaje, sin encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre ambos géneros.
- Se realizó la evaluación tomográfica del espesor de la cortical ósea de rebordes edéntulos según género, donde del total de pacientes del género masculino 11 presentaron espesor de la cortical en el rango de 1.6-2.0 mm y en el género femenino 12 pacientes presentaron espesor de la cortical en el rango de 1.6-2.0 mm, por lo que no se encontró diferencias estadísticamente significativas entre ambos géneros.
- No se encontró relación entre la densidad ósea y el género, así mismo entre el espesor de la cortical y el género.
- Se encontró una relación y diferencias estadísticamente significativas entre la densidad ósea y el espesor de la cortical de áreas edéntulas de la región posterior de la mandíbula.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar este tipo de estudio en una población mucho más grande y representativa, para que de esta manera se pudiera determinar tomográficamente la densidad ósea y espesor de la cortical de rebordes edéntulos en aquellos pacientes que necesiten rehabilitaciones complejas.

Se recomienda realizar estudios donde se evalúen la densidad ósea, de rebordes edéntulos de diferentes regiones del maxilar y la mandíbula, para luego tener un mapeo de densidades.

Se recomienda realizar estudios donde se evalúen la densidad ósea, de rebordes edéntulos y de áreas dentadas, para comparar las densidades óseas.

Se recomienda realizar estudios donde se evalúen la densidad ósea y el espesor de la cortical mediante tomografías y compararlas con la evaluación clínica en el acto quirúrgico.

Se recomienda dar mayor importancia a la evaluación de la densidad ósea y el espesor de la cortical, mediante tomografías, para que el procedimiento quirúrgico implantológico sea más eficiente.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Lekholm, U. Zarb G. Patient selection and preparation. En Branemark P-1, Zarb GA, Albrektsson T, eds.: Tissue integrated prostheses:osseointegration in clinical dentistry. Quintessence Publ. 1985;350.
2. Misch C. Bone Classification, training keys to implant success. Dent Today. 1989;8:39–44.
3. Farré-Pagès N, Augé-Castro ML, Alaejos-Algarra F, Mareque-Bueno J, Ferrés-Padró E, Hernández-Alfaro F. Relation between bone density and primary implant stability. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2011;16(1):62–7.
4. Planas, J. Morote J. La densitometría ósea: un nuevo método diagnóstico para el urólogo. Arch Esp Urol. 2006;59(10):1031–40.
5. Miyamoto I, Tsuboi Y, Wada E, Suwa H, Iizuka T. Influence of cortical bone thickness and implant length on implant stability at the time of surgery - Clinical, prospective, biomechanical, and imaging study. Bone. 2005;37(6):776–80.
6. Aranyarachkul P, Caruso J, Gantes B, Schulz E, Riggs M, Dus I, et al. Bone Density Assessments of Dental Implant Sites: Quantitative Cone-Beam Computerized Tomography. Int J Oral Maxillofac Implants. 2005;20(1):416–25.
7. Shapurian T, Damoulis PD, Reiser GM, Griffin TJ, Rand WM. Quantitative Evaluation of Bone Density Using the Hounsfield Index. Int J Oral Maxillofac Implants. 2006;21(2):290–9.
8. Devlin H, Horner K. A study to assess the relative influence of age and edentulousness upon mandibular bone mineral density in female subjects. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod [Internet]. 2007;104(1):117–21. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17577551>
9. Lee S, Gantes B, Riggs M, Crigger M. Bone density assessments of dental implant sites: 3. Bone quality evaluation during osteotomy and implant placement. Int J Oral Maxillofac Implants. 2007;22(2):208–12.
10. Turkyilmaz I, Ozan O, Yilmaz B, Ersoy AE. Determination of bone quality of 372 implant recipient sites using hounsfield unit from computerized tomography: A clinical study.

Clin Implant Dent Relat Res. 2008;10(4):238–44.

11. De Oliveira RCG, Leles CR, Normanha LM, Lindh C, Ribeiro-Rotta RF. Assessments of trabecular bone density at implant sites on CT images. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2008;105(2):231–8.
12. Scheibel PC, Matheus PD, Albino CC, Ramos AL. Correlação entre a densidade óssea mandibular , femural , lombar e cervical. 2009;111–22.
13. Song YD, Jun SH, Kwon JJ. Correlation Between Bone Quality Evaluated by Cone-Beam Computerized Tomography and Implant Primary Stability. *Int J Oral Maxillofac Implants* [Internet]. 2009;24(1):59–64. Available from: <Go to ISI>://000264926900007
14. Naitoh M, Hirukawa A, Katsumata A, Arijii E. Evaluation of voxel values in mandibular cancellous bone: Relationship between cone-beam computed tomography and multislice helical computed tomography. *Clin Oral Implants Res*. 2009;20(5):503–6.
15. Lopez-Quiles J, Ortega R, Madrigal C, Meniz C. Valoración densitométrica de los maxilares en pacientes desdentados mediante absorciometría dual de doble energía de rayos x (dextra). *Cient Dent*. 2010;7(1):53–60.
16. Kalpalatha T, Kumaravel N, Shah AK. Assessment of Trabecular Bone Texture from CT Images by Multiresolution Analysis and Classification Using SVM. *Int J Oral Implantol Clin Res*. 2010;1(2):55–60.
17. Nomura Y, Watanabe H, Shiotsu K, Honda E, Sumi Y, Kurabayshi T. Stability of voxel values from cone-beam computed tomography for dental use in evaluating bone mineral content. *Clin Oral Implants Res*. 2013;24(5):543–8.
18. Mah P, Reeves TE, McDavid WD. Deriving Hounsfield units using grey levels in cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2010;39(6):323–35.
19. Nackaerts O, Maes F, Yan H, Couto Souza P, Pauwels R, Jacobs R. Analysis of intensity variability in multislice and cone beam computed tomography. *Clin Oral Implants Res*. 2011;22(8):873–9.
20. Mikami I, Kuroe T, Taniyama T, Sohmura T. Evaluation of Pixel Value of Dental Cone Beam CT. *J Japanese Soc Oral Implantol*. 2011;24(3):405–13.
21. Fuster-Torres M, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra, D Peñarrocha-Diago M.

- Relationships between bone density values from cone beam computed tomography, maximum insertion torque, and resonance frequency analysis at implant placement: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2011;26(5):1051–6.
22. Cárdenas E RA, Cortés C D, Navarro Z DI, Lugo A PE, Guillermo R CG, Vermont R R, et al. Relación de las unidades Hounsfield y Newtons con la oseointegración y la carga inmediata. *Rev Odontol Latinoam*. 2012;4(1):15–20.
 23. Bilhan H, Arat S, Geckili O. How precise is dental volumetric tomography in the prediction of bone density? *Int J Dent*. 2012;2012.
 24. Valiyaparambil J, Yamany I, Ortiz D, Shafer D, Pendrys D, Freilich M, et al. Bone quality evaluation: comparison of cone beam computed tomography and subjective surgical assessment. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012;27(5):1271–7.
 25. Merchán Morales S. Estudio densitométrico en maxilar y mandíbula con tomografía computarizada cuantitativa. Tesis doctorado. Madrid. España. Universidad Complutense de Madrid; 2013. p. 230.
 26. Cassetta M, Sofan AAA, Altieri F, Barbato E. Evaluation of alveolar cortical bone thickness and density for orthodontic mini-implant placement. *J Clin Exp Dent*. 2013;5(5):245–52.
 27. Gupta J, Ali SP. Cone beam computed tomography in oral implants. *Natl J Maxillofac Surg*. 2013;4(1):2–6.
 28. Arisan V, Karabuda ZC, Avsever H, Özdemir T. Conventional Multi-Slice Computed Tomography (CT) and Cone-Beam CT (CBCT) for Computer-Assisted Implant Placement. Part I: Relationship of Radiographic Gray Density and Implant Stability. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2013;15(6):893–906.
 29. González-García R, Monje F. The reliability of cone-beam computed tomography to assess bone density at dental implant recipient sites: A histomorphometric analysis by micro-CT. *Clin Oral Implants Res*. 2013;24(8):871–9.
 30. Pauwels R, Nackaerts O, Bellaiche N, Stamatakis H, Tsiklakis K, Walker A, et al. Variability of dental cone beam CT grey values for density estimations. *Br J Radiol*. 2013;86(1021):1–9.
 31. Lamia H, Al-Nakib. Computed tomography bone density in Hounsfield units at dental

- implant receiving sites in different regions of the jaw bone. J Baghdad Coll Dent. 2014;26(1):92–7.
32. Cassetta M, Stefanelli LV, Pacifici A, Pacifici L, Barbato E. How accurate is CBCT in measuring bone density? A comparative CBCT-CT in vitro study. Clin Implant Dent Relat Res. 2014;16(4):471–8.
 33. Youssef M, Shaaban AM, Eldibany R. the Correlation Between Bone Density and Implant Stability. Alexandria Dent J. 2015;40:15–21.
 34. Langman S. Embriología médica con orientación clínica. 10th ed. Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamerica; 2008.
 35. Junqueira LC, Carneiro J. Histología médica. 6th ed. Barcelona, España: Editorial Masson; 2006.
 36. Lopez - Quiles Martínez J. Densitometría ósea de los maxilares y del espacio periimplantario. Tesis Doctorado. Madrid. España. Universidad Complutense de Madrid; 1998.
 37. Gardner L, Hiatt J. Texto Atlas de Histología. 2nd ed. México: McGraw - Hill Interamericana; 2008.
 38. Moore K, Dalley A. Anatomía con orientación clínica. 4th ed. Madrid. España: Editorial Médica Panamerica; 2003.
 39. Paltán J. Anatomía humana general y descriptiva. Adaptada a las necesidades médico-odontológicas para alumnos del primer curso de universidad. Universitaria, editor. Ecuador; 2005.
 40. Alonso A, Albertini J, Bechelli A. Oclusión y diagnóstico en rehabilitación oral. 1st ed. Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamerica; 2004.
 41. García L S. El periodonto y la mujer: una relación para toda la vida. Odontol Sanmarquina [Internet]. 2002;1(10):55–6. Available from: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/odontologia/2002_n10/perio_mujer.htm
 42. García L S, Yon G H. Exodoncia Atraumática e Implante Post Exodoncia Sin Colgajo Combinado con Injerto Gingival Libre. Kiru [Internet]. 2010;7(1):34–7. Available from: <http://www.usmp.edu.pe/odonto/servicio/2010/Kiru2010v7n1/kiru2010v7n1art6.pdf>

43. Misch CE. Fundamentos de Implantología: parte I. Madrid. España: Editorial Elseiver Mosby; 2008.
44. Wolff J. Concerning the interrelationship between form and function of the individual parts of the organism. By Julius Wolff, 1900. Clin Orthop Relat Res. 1988;(228):2–11.
45. García I S, Arribasplata L O. Utilización del Fosfato Tricálcico Beta (R.T.R) para relleno alveolar post-exodoncia, para la posterior colocación de un implante dental. Rev Fund Juan Jose Carraro [Internet]. 2010; Available from: http://www.fundacioncarraro.org/descarga/revista31_art5.pdf
46. Cayturo S C, García L S. Implante post exodoncia y provisionalización inmediata: reporte de un caso clínico. Rev Fund Juan Jose Carraro [Internet]. 2014;19(39):42–8. Available from: http://fundacioncarraro.org/descarga/revista39_art6.pdf
47. García L S. Nueva clasificación de la Enfermedades Periodontal. Odontol Sanmarquina [Internet]. 2003;6(11):48–50. Available from: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/odontologia/2003_n11/nueva.htm
48. Carlsson G, Persson G. Morphologic changes of the mandible after extraction and wearing of dentures. A longitudinal, clinical, and x-ray cephalometric study covering 5 years. Odontol Rev. 1967;18(1):27–54.
49. Tallgren A. The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: A mixed-longitudinal study covering 25 years. J Prosthet Dent. 2003;89(5):427–35.
50. Atwood DA. Reduction of residual ridges: A major oral disease entity. J Prosthet Dent. 1971;26(3):266–79.
51. Von Wowern N, Stoltze K. Sex and age differences in bone morphology of mandibles. Eur J Oral Sci. 1978;86(6):478–85.
52. Ono A, Motoyoshi M, Shimizu N. Cortical bone thickness in the buccal posterior region for orthodontic mini-implants. Int J Oral Maxillofac Surg. 2008;37(4):334–40.
53. Nava-Zarate N, Benítez Cárdenas A, Onofre Quilantán MG, Nava Calvillo J, Goldarcena Azuara P. Remodelación ósea mandibular en adultos. Rev Organo Of la Asoc Dent Mex. 2009;65:18–22.

54. Henrikson CO, Julin P. Iodine-125 apparatus for measuring changes in X-ray transmission and the thickness of alveolar process. *J Periodont Res.* 1971;6:152–8.
55. Verheij JGC, Geraets WGM, Van Der Stelt PF, Horner K, Lindh C, Nicopoulou-Karayianni K, et al. Prediction of osteoporosis with dental radiographs and age. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2009;38(7):431–7.
56. Geraets WGM, Verheij JGC, Van Der Stelt PF, Horner K, Lindh C, Nicopoulou-Karayianni K, et al. Selecting regions of interest on intraoral radiographs for the prediction of bone mineral density. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2008;37(7):375–9.
57. Drage NA, Palmer RM, Blake G, Wilson R, Crane F, Fogelman I. A comparison of bone mineral density in the spine, hip and jaws of edentulous subjects. *Clin Oral Implants Res.* 2007;18(4):496–500.
58. Preti G, Bassi F, Carossa S, Catapano S, Corsalini M, Gastaldi G. Rehabilitación protésica - Tomo I. Colombia: Editorial Amolca; 2008.
59. Linkow LI, Chercheve R. Theories and Techniques of Oral Implantology. 1st ed. St. Louis: C.V. Mosby Company; 1970. 698 p.
60. Trisi P, Rao W. Bone classification: clinical-histomorphometric comparison. *Clin Oral Impl Res.* 1999;10(1):1–7.
61. Cavallaro JJ, Greenstein B, Gary G. Clinical methodologies for achieving primary dental implant stability: The effects of alveolar bone density. *J Am Dent Assoc.* 2009;140(11):1366–72.
62. Rebaudi A, Trisi P, Cell R, Cecchinii G. Preoperative evaluation of bone quality and bone density using a novel CT/microCT - Based Hard-Normal-Soft Classification system. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2010;25(1):32–8.
63. Curry TS, Dowdy JE, Murry RC. Christensen's physics of diagnostic radiology. 4th ed. Philadelphia: Lippincot Williams & Wilkins; 1990.
64. Yang RC. Quantitative measurement of jaw bone mineral contents in radiogram. *J Dent Med.* 1987;26:911–20.
65. Jonasson G, Jonasson L, Kiliaridis S. Skeletal bone mineral density in relation to thickness, bone mass, and structure of the mandibular alveolar process in dentate men

and women. Eur J Oral Sci. 2007;115(2):117–23.

66. Pham D, Jonasson G, Kiliaridis S. Assessment of Trabecular Pattern on Periapical and Panoramic Radiographs: a Pilot Study. Acta Odontol Scand [Internet]. 2010;68(2):91–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20085501>
67. Merchán, Pons F, Guañabens N. Masson Newsletter de Densitometría ósea [Internet]. 2000. Available from: Ed. Garsi
68. Lorente Ramos RM, Azpeitia Armán J, Arévalo Galeano N, Muñoz Hernández A, García Gómez JM, Gredilla Molinero J. Absorciometría con rayos X de doble energía. Fundamentos, metodología y aplicaciones clínicas. Radiologia. 2012;54(5):410–23.
69. Bossio N, Capiglion R. Densitometría mineral ósea por tomografía computada. RAAO. 2015;54(2):19–22.
70. Patiño JFR, Isaza JA, Mariaka I, Zea JAV. Unidades Hounsfield como instrumento para la evaluación de la desmineralización ósea producida por el uso de exoprótesis. Rev Fac Ing. 2013;(66):159–67.
71. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IAB. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique : preliminary results. Eur. Radiol. 1998;8:1558–64.
72. Lenguas S AL, Ortega A R, Samara S G, López B MA. Aplicaciones clínicas en odontología ; comparación con otras técnicas. Cient Dent. 2010;7(2):147–59.
73. Rodríguez Basulto EA. Unidades hounsfield en tomografía computarizada, torque quirúrgico de inserción y frecuencia de resonancia como predictores de indicación de carga protésica inmediata en implantes unitarios. Tesis Bachiller. Facultad de Odontología. Universidad de Chile; 2014.
74. Hatcher DC. Cone Beam CT for pre-surgical assessment of implant sites. J Calif Dent Assoc. 2003;31(11):825–33.
75. Corbo P DN. Tomografía Axial Computada. Spirale. 2004;31(3):51.
76. Moguel Pedraza FI. Reconstrucción 3D de la parrilla costal y elementos de la columna vertebral humana para la enseñanza de anatomía Computación Gráfica y Sistemas Inteligentes Modalidad : Servicio Social Asesores : Agradecimientos. Tesis Bachiller.

México; 2014.

77. Todisco M, Trisi P. Bone mineral density and bone histomorphometry are statistically related. *Int J Oral Maxillofac Implants* [Internet]. 2005;20(6):898–904. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16392347>
78. Diagnóstico por imagen. Resonancia Magnética Nuclear [Internet]. Docum on line Instituto Químico Biológico. 2016. Available from: <http://www.iqb.es/diagnostico/rmn/toc01.htm>.
79. Gray CF, Redpath TW, Smith FW, Staff RT. Advanced imaging: Magnetic resonance imaging in implant dentistry. *Clin Oral Implant Res* [Internet]. 2003;14(1):18–27. Available from: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=12562361
80. Aguiar MF, Marques AP, Carvalho AC, Cavalcanti MG. Accuracy of magnetic resonance imaging compared with computed tomography for implant planning. *Clin Oral Implants Res*. 2008;19(4):362–5.
81. Sosa H M, Saavedra S P, Alegre L J, Gómez A C, González M J, Guañabens G N, et al. Prevalencia de osteoporosis en la población española por ultrasonografía de calcáneo en función del criterio diagnóstico utilizado. Datos del estudio GIUMO. *Rev Clínica Española*. 2003;203(7):329–33.
82. Klein MO, Grötz KA, Manefeld B, Kann PH, Al-Nawas B. Ultrasound transmission velocity for noninvasive evaluation of jaw bone quality in vivo before dental implantation. *Ultrasound Med Biol*. 2008;34(12):1966–71.
83. Smedberg JI, Lothigius E, Bodin I, Frykholm A, Nilner K. A clinical and radiological two-year follow-up study of maxillary overdentures on osseointegrated implants. *Clin Oral Implants Res* [Internet]. 1993;4(1):39–46. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8329537>
84. Schwartz-Dabney CL, Dechow PC. Variations in cortical material properties throughout the human dentate mandible. *Am J Phys Anthropol*. 2003;120(3):252–77.

10. ANEXOS

10.1 Ficha de Recolección de datos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Paciente						
Fecha de Nac.		Sexo			Edad	
Densidad Ósea (HU)	Área edéntula					
	Inside		Outside		Promedio	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Espesor (mm)	Cortical ósea - Área edéntula					
Observaciones						
Condición edéntulameses años					

10.2 Evidencias fotográficas

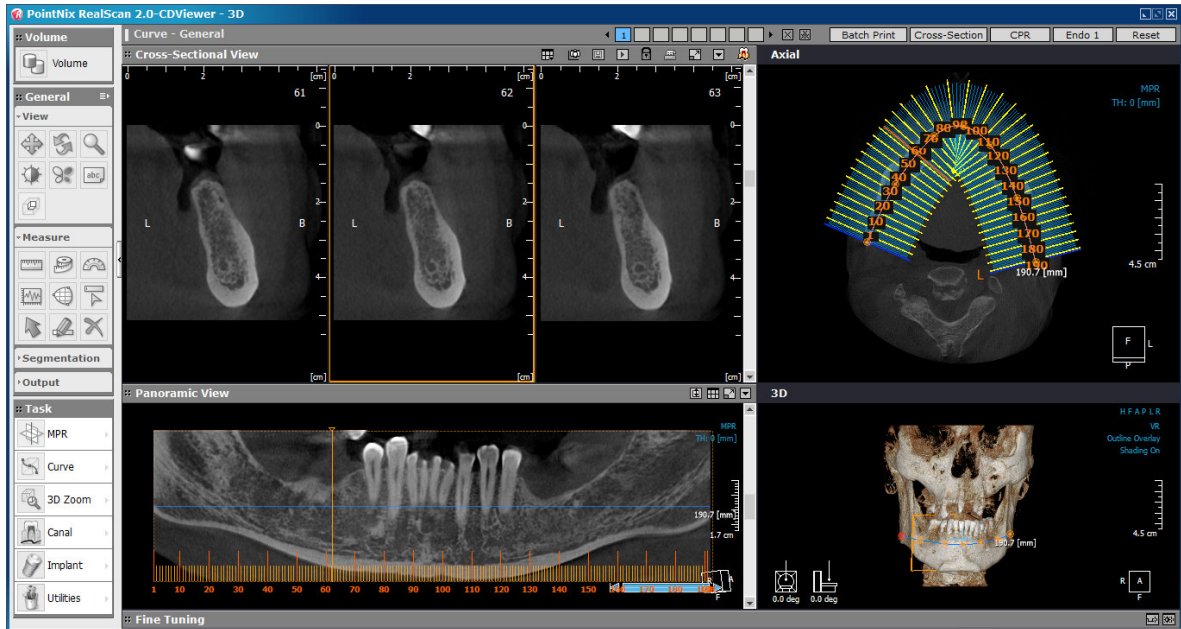


Imagen que muestra los diferentes cortes tomográficos, realizados mediante el programa Real Scan 2.0

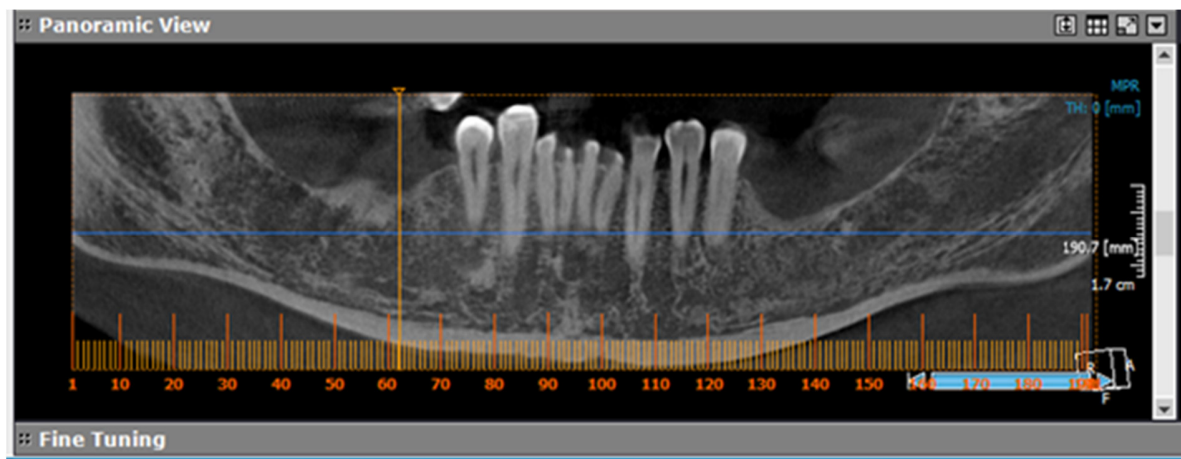
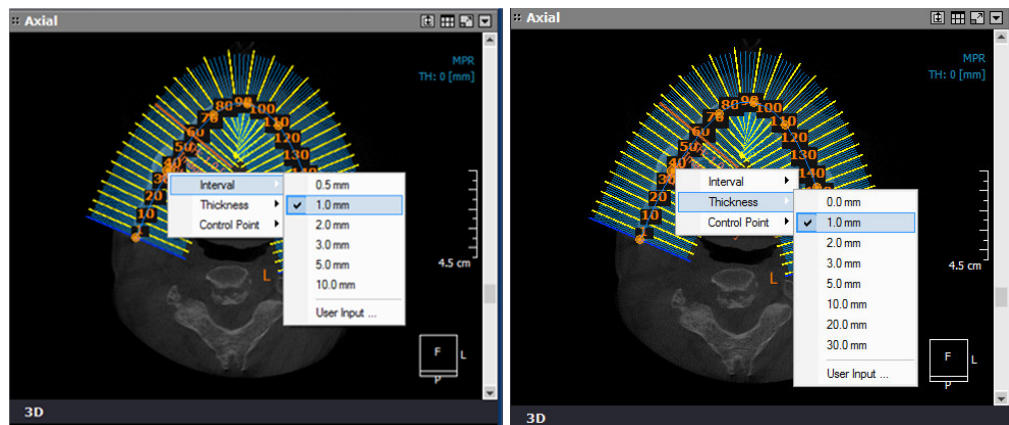


Imagen que muestra un corte coronal tomográfico de la mandíbula, ubicación de la zona posterior, que comprende la primera molar inferior derecha



Imágenes que muestran la elección del intervalo (izq.) y el grosor de los cortes tomográficos (der.)

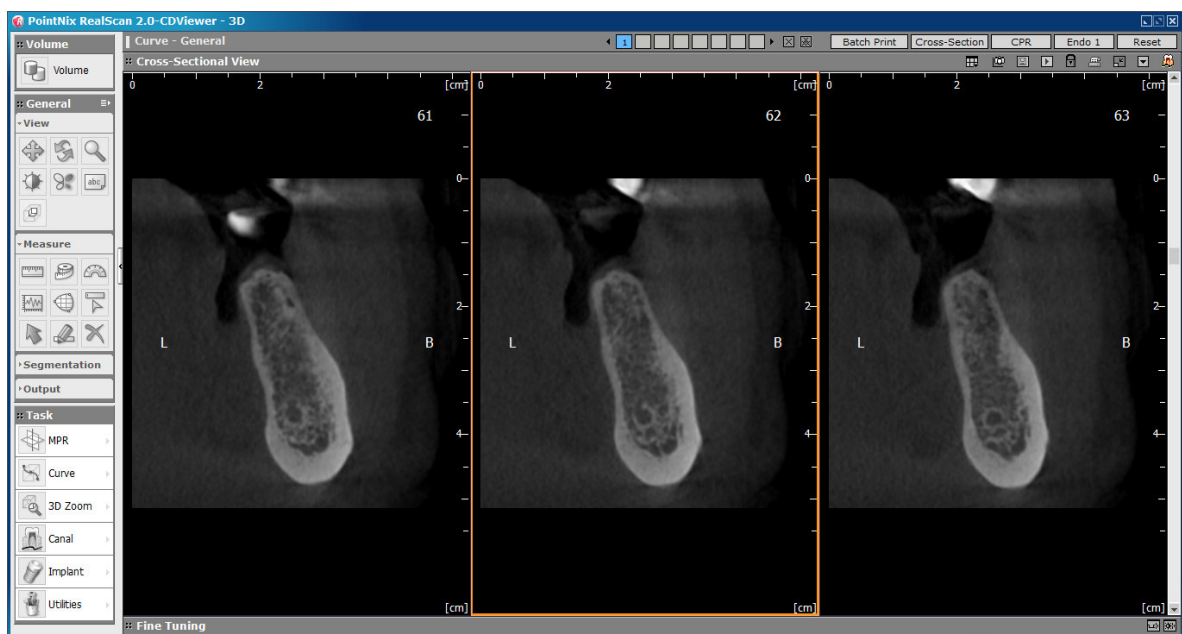


Imagen que muestran los cortes transaxiales de la zona a medir (primera molar inferior derecha)

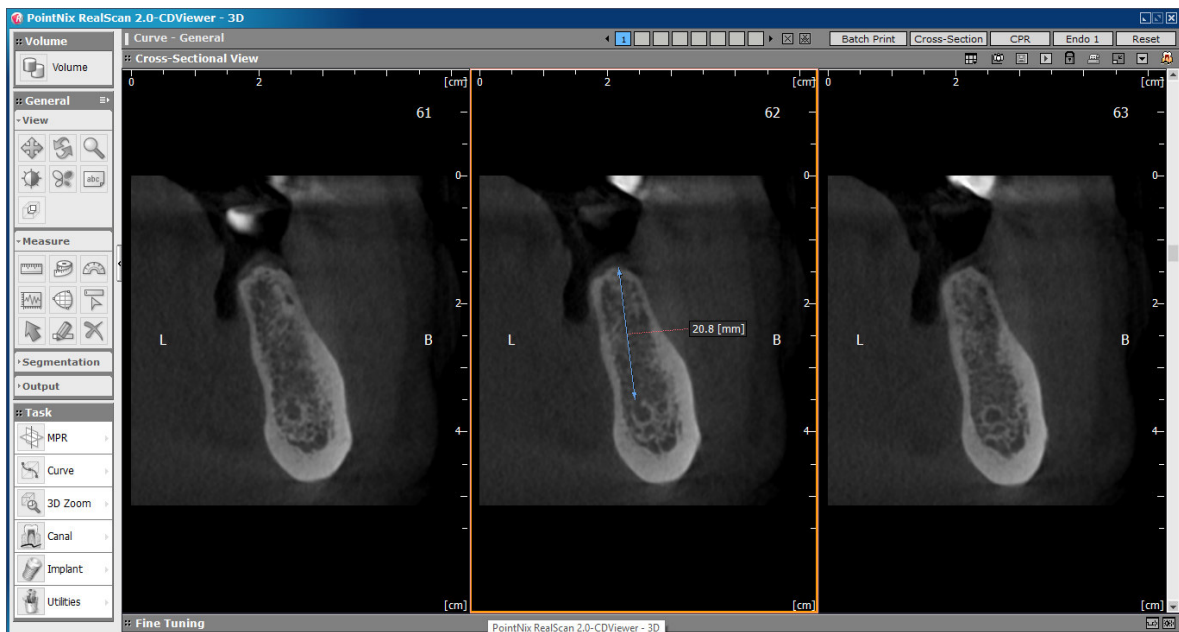


Imagen que muestra el trazado de una línea vertical desde el punto más superior del reborde hasta el borde superior del agujero dentario inferior

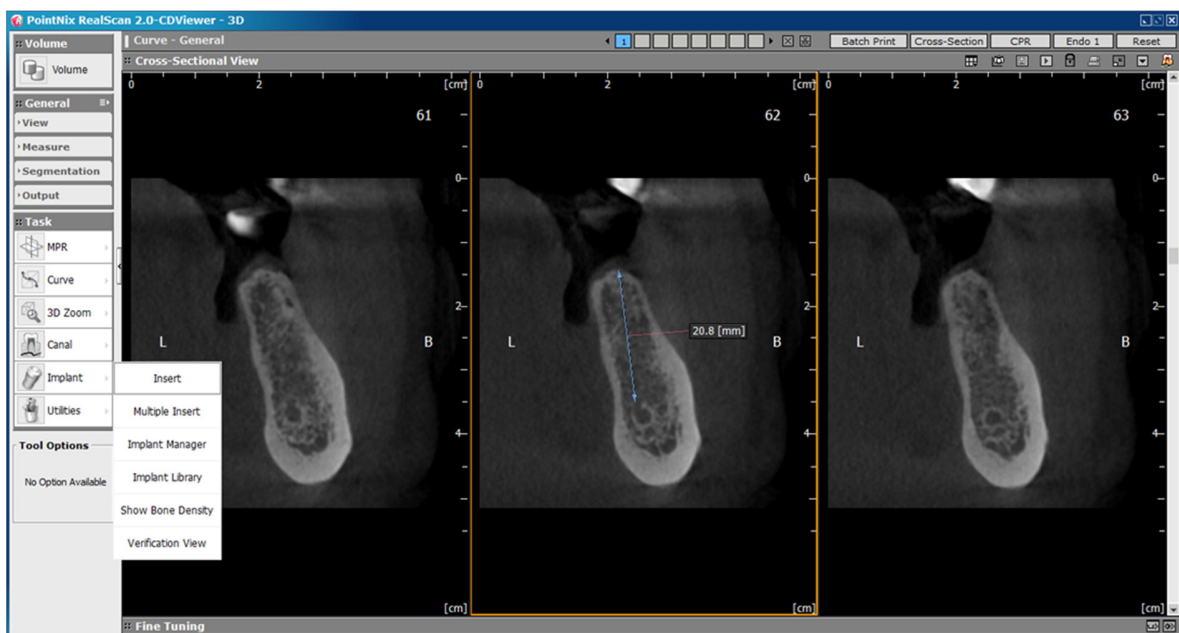


Imagen que muestra la elección de la opción “implant insert” del Software Real Scan 2.0 en el corte transaxial, para poder crear el área de medición de la densidad ósea

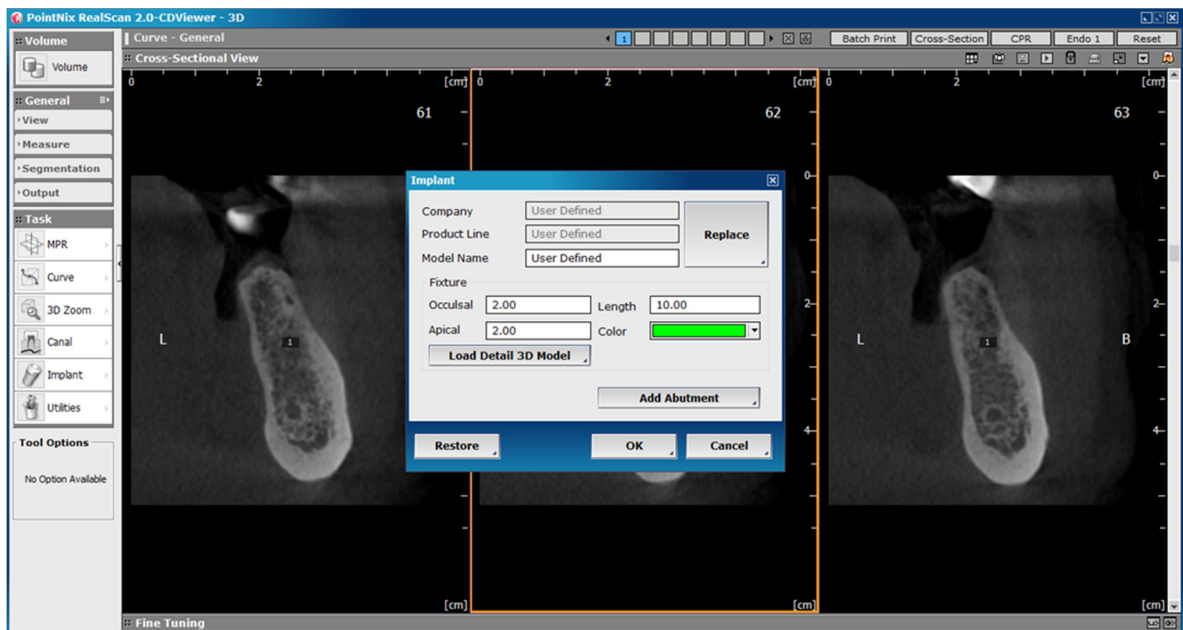


Imagen que muestra la creación del área de medición de la densidad ósea, área de dimensiones 2 x 2 x 10 (mm)

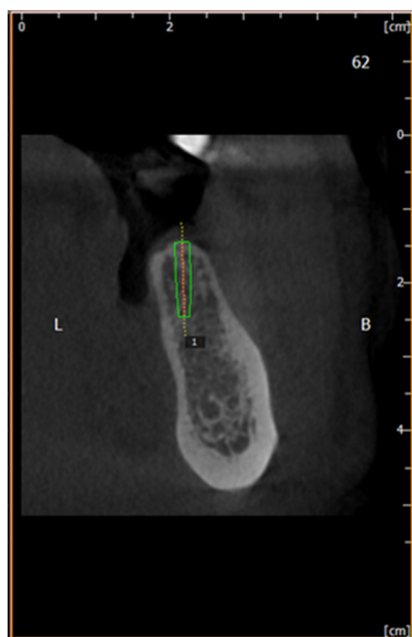


Imagen que muestra el área de medición de la densidad ósea (2 x 2 x 10 (mm))

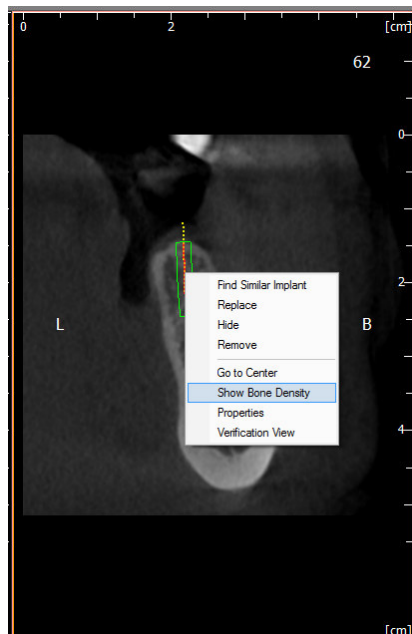


Imagen que muestra la elección de la opción “Show Bone Density” del Software Real Scan 2.0, para poder realizar la medición de la densidad ósea

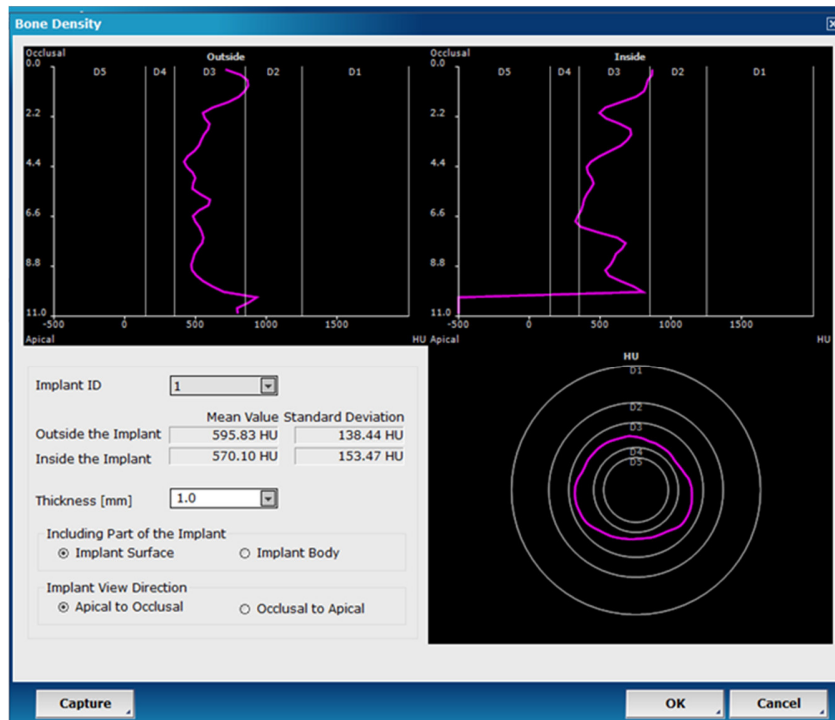


Imagen que muestra los resultados de la cuantificación de la densidad ósea (inside y outside)

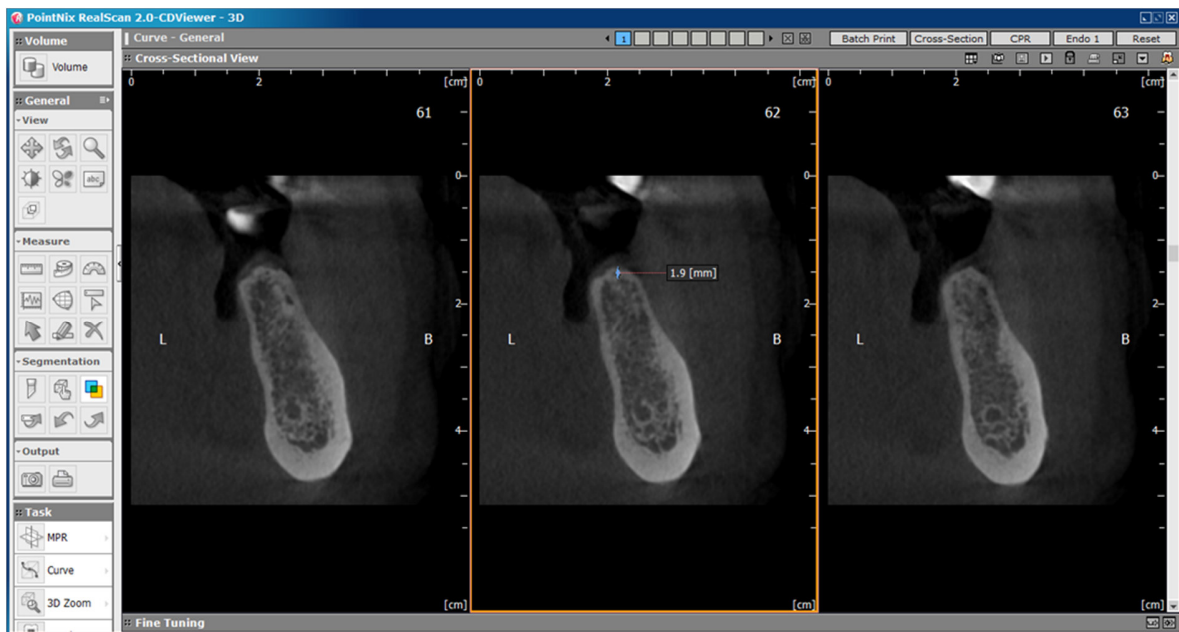


Imagen que muestra la medición del espesor de la cortical, en un corte transaxial, desde el borde más superior del reborde edéntulo de la región postero-inferior (primera molar inferior derecha)

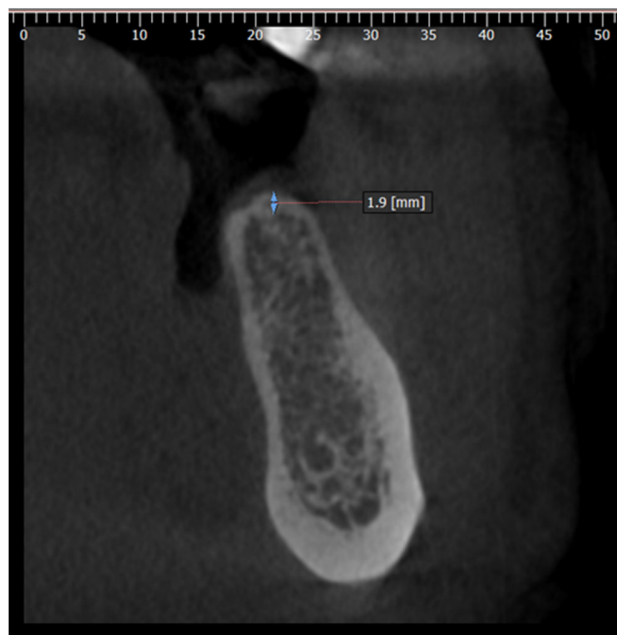


Imagen que muestra los resultados de medición del espesor de la cortical del reborde edéntulo postero-inferior

CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN

Yo, Mg.CD. Andrew Alejandro Estrada, especialista en Periodoncia, Docente de Pregrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, experto en temas relacionados a “Implantología Oral”, hago CONSTAR que en el mes de febrero del año 2017 realicé una calibración Interexaminador con el Bach. Johner Saul Torrejon Mosquera, identificado con DNI 44808275, en el tema de investigación para obtener el título de Cirujano Dentista, con el tema de Tesis “Evaluación tomográfica de la densidad ósea y espesor de la cortical de rebordes edéntulas de la región postero-inferior, según género”

Se expide el presente para los fines convenientes.

Lima, 15 de febrero del 2017

.....

Mg. Andrew Alejandro Estrada